

[illegible]

# Grundrifs

der

# CHEMIE

von

**Dr. F. Wöhler.**

---

ERSTER THEIL.

## Unorganische Chemie.

Neunte, umgearbeitete Auflage.

---

**Berlin,**
Verlag von Duncker und Humblot.

1847.

# Grundriſs

der

# UNORGANISCHEN CHEMIE

von

Dr. F. Wöhler.



Neunte, umgearbeitete Auflage.

**Berlin,**
Verlag von Duncker und Humblot.

1 8 4 7.

Seite

## METALLE.

# Einleitung.

1. Man kennt die Körper in dreierlei Zuständen: *fest*, *liquid* und *gasförmig* (die Aggregatzustände).

2. Der feste und liquide Zustand eines Körpers ist abhängig von einer Anziehungskraft, die zwischen seinen kleinsten Theilchen thätig ist, die aufhört sich zu äufsern, wenn sich diese Theilchen in mefsbaren Entfernungen von einander befinden. Diese Kraft nennt man die *Cohäsion.*

3. In einem festen Körper ziehen sich die Theilchen desselben stärker an, als in einem flüssigen. Der Grad der Cohäsion ist also durch den Widerstand bei der Trennung mefsbar.

4. Durch Zuführung von Wärme entfernen sich die Theilchen der Körper von einander, durch Entziehung von Wärme nähern sie sich. Durch Erwärmung dehnen sich die Körper aus, durch Abkühlung ziehen sie sich zusammen. Die Kraft der Anziehung, welche die Aggregatzustände bedingt, ändert sich also mit der Temperatur.

5. Die Wärme kann die Cohäsion ganz aufheben. Durch Wärme werden feste Körper flüssig, flüssige gasförmig. Durch Entziehung von Wärme werden gasförmige Körper flüssig, flüssige fest.

6. Alle Körper, welche die Masse unserer Erde und alles dessen, was darauf ist, ausmachen, sind entweder *zusammengesetzt* oder *einfach.* Die zusammengesetzten lassen sich in die einfachen zerlegen. Die einfachen Körper (Grundstoffe, Elemente) sind durch kein Mittel in andere Bestandtheile zerlegbar.

7. Die Anzahl der bis jetzt bekannten einfachen Körper ist 62. Einige derselben machen die Bestandtheile der

allgemein vorkommenden Materien aus, andere kommen nur sparsam vor. Nur 4 der Grundstoffe sind in freiem Zustande gasförmig, 2 sind flüssige, die übrigen feste Körper.

8. Die Betrachtung der Eigenschaften der Körper hat zu der Ansicht geführt, dafs die Masse eines Körpers aus unendlich kleinen, untheilbaren Theilchen bestehe. Diese kleinsten Theilchen hat man *Atome* genannt.

9. Die einfachen Körper bestehen aus einfachen Atomen; die zusammengesetzten Körper sind Aggregate von gleichartig zusammengesetzten Atomen, die so lange ungetheilt bleiben, als die Zusammensetzung des Körpers unverändert dauert. Durch die Theilung seiner zusammengesetzten Atome zerfällt ein zusammengesetzter Körper in seine Bestandtheile. Die Bestandtheile eines zusammengesetzten Körpers heifsen seine *ungleichartigen Theile.*

10. Chemische *Verbindung* nennt man, wenn bei der Berührung zweier oder mehrerer Körper ein dritter neuer, ein zusammengesetzter Körper entsteht, in seinen Eigenschaften verschieden von den Bestandtheilen.

11. Bei der Verbindung zweier einfacher Körper vereinigt sich durch Aneinanderlagerung je ein Atom des einen Körpers mit einem oder mehreren Atomen des anderen. Die so zusammengesetzten Atome heifsen zusammengesetzte Atome der ersten Ordnung.

12. Zusammengesetzte Körper, d. h. zusammengesetzte Atome, können sich wieder unter einander vereinigen. Aus der Vereinigung zweier Atome der ersten Ordnung entsteht ein Atom der zweiten, aus zwei Atomen der zweiten entsteht ein Atom der dritten Ordnung.

13. Die Ursache, welche die Vereinigung zweier Körper bedingt, heifst die *Vereinigungskraft*, die *chemische Verwandtschaft*, Affinität. Es ist eine Kraft der Anziehung, die sich nur zwischen den ungleichartigen Atomen äufsert, wenn sie sich berühren.

14. Die Anziehungskraft zwischen den einzelnen Körpern ist sehr verschieden. Manche Körper vereinigen sich bei blofser Berührung, andere erst unter Mitwirkung der Wärme, noch andere nur unter gewissen besonderen Umständen.

15. Jeder zusammengesetzte Körper läfst sich wieder in seine Bestandtheile zerlegen. Die Leichtigkeit der Trennung derselben steht im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnifs ihrer Anziehungskraft. Daher können zusammengesetzte Körper oft durch einen dritten Körper zerlegt werden, in der Art, dafs einer ihrer Bestandtheile mit dem dritten Körper in Verbindung tritt, der andere aber frei wird. Oder zwei zusammengesetzte Körper können sich wechselseitig zersetzen, so dafs daraus zwei neue Verbindungen entspringen.

16. Jede chemische Vereinigung ist von Wärme, und nicht selten auch von Licht, also dann von Feuer, begleitet.

17. Die meisten gleichartigen Körper, seien es einfache Stoffe oder Verbindungen, bilden, wenn sie aus dem flüssigen oder gasförmigen Zustand in den festen übergehen, bestimmten Gesetzen entsprechende Gestalten, die in einer geradlinigen Anordnung der Atome ihren Grund haben. Ein so gestalteter regelmäfsiger Körper, begrenzt von ebenen, unter bestimmten Winkeln sich schneidenden Flächen, heifst ein *Krystall*. Blofs gemengte Körper können sich niemals zu einem Krystall vereinigen. Ein nicht krystallisirter fester Körper heifst *amorph*.

18. Eine Verbindung enthält die Bestandtheile stets in bestimmten, unveränderlichen relativen Gewichtsmengen.

19. Die Gewichte verschiedener Körper, die sich mit einem und demselben Gewicht eines anderen Körpers vereinigen können, stehen unter einander selbst wieder in denjenigen Verhältnissen, wonach sich je zwei von ihnen mit einander verbinden, wenn überhaupt eine Vereinigung zwischen ihnen möglich ist.

Die folgende Tabelle enthält die durch die genausten Analysen ausgemittelten Bestimmungen der Gewichtsverhältnisse, nach denen sich je zwei der einfachen Körper mit einander verbinden, das Gewicht des *Sauerstoffs* als Einheit, nämlich zu 100, angenommen *).

---

*) Die 62 einfachen Körper sind hier ungefähr nach der Analogie ihrer chemischen Eigenschaften gruppirt.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sauerstoff | O | 100,00 | Eisen | Fe | 350,53 |
| Schwefel | S | 200,75 | Mangan | Mn | 344,68 |
| Selen | Se | 495,28 | Kobalt | Co | 368,65 |
| Tellur | Te | 801,76 | Nickel | Ni | 369,33 |
| Stickstoff | N | 175,06 | Zink | Zn | 406,59 |
| Phosphor | P | 392,04 | Kadmium | Cd | 696,77 |
| Arsenik | As | 938,80 | Zinn | Sn | 735,29 |
| Antimon | Sb | 1612,90 | Uran | U | 742,87 |
| Chlor | Cl | 443,28 | Blei | Pb | 1294,64 |
| Brom | Br | 999,62 | Wismuth | Bi | 1330,37 |
| Jod | I | 1585,99 | Kupfer | Cu | 395,60 |
| Fluor | F | 235,48 | Quecksilber | Hg | 1251,29 |
| Kohlenstoff | C | 75,12 | Silber | Ag | 1349,66 |
| Bor | B | 136,20 | Palladium | Pd | 665,47 |
| Kiesel | Si | 277,78 | Ruthenium | Ru | 646,27 |
| Kalium | K | 488,85 | Rhodium | R | 651,96 |
| Natrium | Na | 289,73 | Platin | Pt | 1232,08 |
| Lithium | L | 81,66 | Iridium | Ir | 1232,08 |
| Barium | Ba | 855,29 | Gold | Au | 1229,16 |
| Strontium | Sr | 545,93 | Osmium | Os | 1242,62 |
| Calcium | Ca | 251,65 | Titan | Ti | 301,55 |
| Magnesium | Mg | 158,14 | Tantal | Ta | ? |
| Aluminium | Al | 170,90 | Niobium | Nb | ? |
| Beryllium | G | 87,12 | Pelopium | Pp | ? |
| Yttrium | Y | ? | Wolfram | W | 1188,36 |
| Terbium | T | ? | Molybdän | Mo | 596,10 |
| Erbium | E | ? | Vanadium | V | 856,89 |
| Zirconium | Z | ? | Chrom | Cr | 328,87 |
| Norium | No | ? | Wasserstoff | H | 12,48 |
| Thorium | Th | 743,86 | | | |
| Cerium | Ce | ? | | | |
| Lanthan | La | ? | | | |
| Didymium | D | ? | | | |

20. Diese Verhältnifszahlen nennt man chemische *Aequivalente*, weil in Verbindungen je zwei dieser Körper sich einander dem Gewichte nach im Verhältnifs dieser Zahlen vertreten oder ausscheiden.

21. Die Aequivalente kann man als die relativen Gewichte der Atome der Körper betrachten, daher sie auch *Atomgewichte* genannt werden. Indessen hat man Gründe zu glauben, dafs manche Aequivalente dem Gewichte *zweier* Atome entsprechen.

22. Die Körper vereinigen sich jedoch nicht blofs nach dem einfachen Verhältnifs ihrer Atomgewichte, sondern auch nach Vielfachen derselben.

23. Das Aequivalent eines zusammengesetzten Körpers wird erhalten durch Addition der Aequivalente seiner Bestandtheile. Die Verbindungen zusammengesetzter Körper finden wie die der einfachen statt, bald im Verhältnisse ihrer Aequivalente selbst, bald nach Vielfachen derselben.

24. Gewisse Grundstoffe können in correspondirenden Verbindungen einander vertreten, ohne Aenderung der Krystallform. Solche Körper nennt man *isomorph*.

25. Es giebt Verbindungen, worin dieselben Elemente in gleichem Gewichtsverhältnisse enthalten sind, welche aber dabei ungleiche Eigenschaften haben, weil die einfachen Atome in den zusammengesetzten Atomen auf ungleiche Weise gestellt sind. Solche Körper nennt man *isomerisch*. Enthalten aber mehrere solcher Verbindungen in ihren zusammengesetzten Atomen dieselbe relative, aber nicht dieselbe absolute Anzahl von einfachen Atomen, so nennt man sie *polymerisch*.

26. Wenn sich *gasförmige* Körper mit einander vereinigen, so geschieht es nach einfachen Raum- oder Volum-Verhältnissen. Das Volumen der Verbindung ist entweder gleich der Summe der Volumina der Bestandtheile, oder es ist kleiner um einen einfachen Bruchtheil davon.

27. Die specifischen Gewichte der sich mit einander verbindenden Gase drücken zugleich die relativen Gewichtsmengen aus, in welchen sich die Gase mit einander verbinden. Nimmt man hierbei das spec. Gewicht des Sauer-

stoffgases als Einheit an (oder dividirt die spec. Gewichte der Gase, denen das der atmosphärischen Luft als Einheit zu Grunde liegt, durch das des Sauerstoffgases = 1,1026), so findet man, dafs die specifischen Gewichte entweder zugleich die Atomgewichte solcher Körper sind, oder zu diesen doch in einem einfachen Verhältnifs stehen.

28. Einem jeden der 62 einfachen Stoffe hat man ein Zeichen beigelegt, welches zugleich sein Atomgewicht bezeichnet. Hierzu hat man die in der Tabelle stehenden Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen gewählt. Mit Anwendung dieser Zeichen kann die quantitative Zusammensetzung von Verbindungen durch Formeln ausgedrückt werden, wie in dem Folgenden überall geschehen ist *).

29. Nach ihren allgemeinen Eigenschaften kann man die 62 einfachen Stoffe in zwei Klassen theilen, in *Metalle* und in *Metalloïde*.

Als Metalloïde werden folgende 16 Körper betrachtet:

| | | |
|---|---|---|
| 1. Sauerstoff. | 7. Phosphor. | 13. Fluor. |
| 2. Wasserstoff. | 8. Arsenik. | 14. Kohlenstoff. |
| 3. Stickstoff. | 9. Antimon. | 15. Bor. |
| 4. Schwefel. | 10. Chlor. | 16. Kiesel. |
| 5. Selen. | 11. Brom. | |
| 6. Tellur. | 12. Jod. | |

## Metalloïde.

### 1. Sauerstoff.

*Vorkommen.* Von allen Stoffen in der gröfsten Menge. Wenigstens $\frac{1}{3}$ vom Gewicht unserer Erde ist Sauerstoff; im Wasser sind 89, in der Luft 23 Procent dem Gewicht nach

*) Da der Sauerstoff so sehr viele Verbindungen eingeht, so wird sein Atom häufig nicht durch O (Oxygenium), sondern der Kürze und Uebersichtlichkeit der Formeln wegen durch einen Punkt bezeichnet, welcher über das Atomzeichen des mit ihm verbundenen Körpers gestellt wird. Diejenigen Aequivalente, von denen anzunehmen ist, dafs sie 2 Atomen entsprechen, werden mit einem durchstrichenen Buchstaben bezeichnet.

enthalten; aufserdem wesentlicher Bestandtheil aller Pflanzen- und Thierstoffe.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack, von 1,1026 specifischem Gewicht. Ausgezeichnet dadurch, dafs brennende Körper darin mit viel stärkerem Glanz, stärkerer Hitze und in viel kürzerer Zeit verbrennen als in gewöhnlicher Luft. Ein glimmender Spahn entflammt sich darin von selbst; Kohle und Eisen, brennend hineingetaucht, verbrennen darin von selbst weiter mit blendender Feuer-Entwickelung, eben so Schwefel und Phosphor.

*Darstellung.* Vorzüglich aus einigen seiner Verbindungen mit Metallen (aus Metalloxyden) durch Glühen, welche dabei ihren Sauerstoff ganz oder zum Theil abgeben; z. B. aus Quecksilberoxyd, aus Braunstein.

*Verbindungen.* Der Sauerstoff kann sich mit allen übrigen Elementen verbinden. — Wenn ein Körper im Sauerstoffgas verbrennt, so vereinigt er sich mit dem Sauerstoff, er nimmt dadurch an Gewicht zu, und das Sauerstoffgas verschwindet. Diese Vereinigung ist die Ursache der Erscheinung, die man Verbrennen oder Feuer nennt, das heifst die Ursache einer Entwickelung von Wärme und Licht.

Wenn also ein Körper in gewöhnlicher Luft brennt, so vereinigt er sich mit dem Sauerstoff der Luft, der dabei verschwindet. Das in gewöhnlicher Luft statt findende Verbrennen oder Feuer ist darum weit weniger glänzend und heftig, weil das Sauerstoffgas in der Luft mit einem grofsen Ueberschufs von einem andern Gas, dem Stickgas, vermischt ist.

Um sich mit Sauerstoff vereinigen zu können, müssen die meisten Körper darin bis zu einem gewissen Grade erhitzt werden.

Einen mit Sauerstoff verbundenen Körper nennt man ein *Oxyd* oder *oxydirt.* So z. B. ist der beim Verbrennen des Eisens in Sauerstoffgas entstandene schwarze Körper, so wie der beim Glühen des Eisens in der Luft auf demselben entstehende Glühspahn oder Hammerschlag oxydirtes Eisen. Wenn man 100 Theile Eisen durch Glühen in der Luft in Glühspahn verwandelt, so wiegt dieser nachher 138 Theile,

das heifst der Sauerstoff, mit dem sich das Eisen verbunden hat. wiegt 38 Theile.

Viele Körper können sich in mehreren Verhältnissen mit dem Sauerstoff verbinden. Z. B. Quecksilber verbindet sich in zwei Verhältnissen mit ihm; unter gewissen Umständen nehmen 101 Theil Quecksilber 4 Theile Sauerstoff auf, wodurch ein schwarzer, pulverförmiger Körper entsteht; aber 101 Theil Quecksilber können sich auch mit noch einmal so viel Sauerstoff vereinigen, mit 8 Theilen, und dadurch entsteht das rothe Quecksilberoxyd. Aus 109 Theilen rothem Quecksilberoxyd erhält man durch Glühen, wodurch die Anziehung zwischen dem Metall und Sauerstoff wieder aufgehoben wird, 101 Theil metallisches Quecksilber und ein Volumen Sauerstoffgas, welches 8 Theile wiegt.

Diese verschiedenen Verbindungs-Verhältnisse eines Körpers mit Sauerstoff nennt man seine *Oxydationsstufen.*

Zufolge ihrer Eigenschaften zerfallen die oxydirten Körper in 3 Klassen, in *basische Oxyde* oder *Basen,* in *saure Oxyde* oder *Säuren*, und in *Superoxyde.*

Bei den Basen nennt man die niedrigste Oxydationsstufe *Oxydul*, die höhere *Oxyd*, eine zuweilen dazwischen liegende *Sesquioxyd.*

Die *Säuren* (Sauerstoffsäuren) sind dadurch ausgezeichnet, dafs sie sich mit den Basen vereinigen zu einer besonderen Art von Körpern, die man *Salze* nennt.

Zum Beispiel wenn sich Schwefel mit Sauerstoff verbindet, so entsteht daraus eine Säure, die Schwefelsäure. Wenn sich Eisen mit der geringsten Menge Sauerstoff verbindet, so entsteht daraus Eisenoxydul. Aber Schwefelsäure und Eisenoxydul können sich wiederum mit einander vereinigen, und daraus entsteht ein Salz, schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol).

Indessen ist zuweilen ein und derselbe oxydirte Körper in Beziehung auf andere zugleich eine Basis und zugleich eine Säure.

Die Metalloïde sind es vorzüglich, welche Säuren bilden, während die Metalle vorzugsweise Basen hervorbringen.

Die *Superoxyde* sind dadurch von den anderen verschie-

den, dafs sie weder Basen noch Säuren sind, sondern in Berührung mit Säuren oder in höherer Temperatur Sauerstoff verlieren und sich in basische Oxyde verwandeln. Zum Beispiel der Braunstein oder das Mangansuperoxyd.

Der Braunstein besteht aus 100 Theilen Metall und 58,0 Theilen Sauerstoff. Erhitzt man ihn mit Schwefelsäure, so geht die Hälfte des Sauerstoffs als Gas weg, und er verwandelt sich in Oxydul, welches auf 100 Metall nur 29,0 Sauerstoff enthält und mit der Schwefelsäure verbunden bleibt.

Die Sauerstoff-Mengen in den verschiedenen Oxydationsstufen eines Körpers stehen stets zu einander in einem bestimmten, einfachen Verhältnifs.

Das Metall Mangan z. B. verbindet sich in fünf verschiedenen Proportionen mit dem Sauerstoff, in denen sich, auf dieselbe Menge Metall, das Gewicht des Sauerstoffs wie $1:1\frac{1}{2}:2:3:3\frac{1}{2}$ verhält. Diese 5 Oxydationsstufen haben nämlich folgende Zusammensetzung:

| | Mangan. | | Sauerstoff. |
|---|---|---|---|
| Manganoxydul | = 100 | + | 29,0 |
| Manganoxyd | = 100 | + | 43,5 |
| Mangansuperoxyd | = 100 | + | 58,0 |
| Mangansäure | = 100 | + | 87,0 |
| Uebermangansäure | = 100 | + | 101,5. |

Die Gegenwart des Sauerstoffgases in der atmosphärischen Luft ist eine nothwendige Bedingung für das Dasein der ganzen lebenden Natur. Daher auch sein älterer Name Lebensluft.

Der Sauerstoff ist 1774 ungefähr gleichzeitig von Priestley und von Scheele entdeckt worden.

## 2. Wasserstoff.

*Vorkommen.* Nur in Verbindungen, hauptsächlich im Wasser, welches 11 Procent seines Gewichts enthält. Ausserdem wesentlicher Bestandtheil aller Pflanzen- und Thierstoffe.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack. Der leichteste aller Körper, $14\frac{1}{2}$ mal leichter als die Luft, sein specifisches Gewicht ist nämlich 0,0688. Es

läfst sich leicht entzünden und verbrennt mit wenig leuchtender Flamme, aber sehr starker Wärmeentwickelung.

*Darstellung.* Am einfachsten durch Zersetzung des Wassers: *a*) Durch den electrischen Strom, wobei die beiden Bestandtheile des Wassers in Gasform abgeschieden werden; *b*) indem man Wasserdämpfe über glühendes Eisen leitet; *c*) indem man Zink oder Eisen mit einem Gemenge von Wasser und Schwefelsäure übergiefst. In beiden letzteren Fällen nimmt das Metall den Sauerstoff des Wassers auf, dessen Wasserstoff frei wird und als Gas weggeht.

*Verbindungen.* Der Wasserstoff geht nicht so leicht Verbindungen ein, wie der Sauerstoff. Zu den merkwürdigsten Verbindungen, die er hervorbringt, gehört das Wasser.

Das *Wasser* besteht aus Sauerstoff und Wasserstoff. Die Brennbarkeit des Wasserstoffgases beruht darauf, dafs es sich mit dem Sauerstoff der Luft vereinigt und Wasser bildet.

Es verbinden sich genau 2 Maafs Wasserstoffgas mit 1 Maafs Sauerstoffgas zu Wasser.

Da das spec. Gewicht des Wasserstoffgases 0,0688, und das des Sauerstoffgases 1,1026 ist, und sich beide Gase in dem Maafs-Verhältnifs wie 2:1 verbinden, so verbinden sich dem Gewichte nach $2 \times 0,0688 = 0,1376$ Wasserstoff mit 1,1026 Sauerstoff und bilden 1,2402 Wasser. Die Zahlen 11026 und 1376 verhalten sich zu einander wie das Atomgewicht des Sauerstoffs zu dem doppelten Atomgewicht oder dem Aequivalent des Wasserstoffs, das Wasser besteht also aus:

| | | | | In 100 Theilen. |
|---|---|---|---|---|
| 1 Atom Sauerstoff | = | 100,00 | — | 88,91 |
| 2 Atomen Wasserstoff | = | 12,48 | — | 11,09 |
| 1 Atom Wasser | = | 112,48 | — | 100,00. |

Das Atom des Wassers wird durch $H^2O$ oder $\dot{H}$ ausgedrückt.

Die Vereinigung der beiden Gase zu Wasser geht erst bei Glühhitze oder durch den electrischen Funken vor sich; aber im Contact mit schwammigem Platin vereinigen sich beide Gase schon bei gewöhnlicher Temperatur. Die reinen Gase, in dem Verhältnifs $= 2:1$ mit einander gemengt und angezündet, brennen dabei, in Folge der grofsen Aus-

dehnung des sich bildenden Wasserdampfs, mit starkem Knall (Explosion) ab, daher der Name Knallluft für dieses Gemenge. Diese Verbrennung ist mit einem der höchsten Hitzgrade verbunden, die man hervorbringen kann.

Wasser kann auch dadurch gebildet werden, dafs man gewisse Metalloxyde in Wasserstoffgas erhitzt, und hierdurch läfst sich sowohl die Zusammensetzung des Wassers, als auch die des Metalloxyds genau bestimmen.

Das Wasser kann alle drei Aggregatzustände annehmen. Unter 0° ist es fest oder Eis, dessen spec. Gewicht nur 0,916 ist; seine höchste Dichtigkeit ist bei +4°; von 0° an bis 100° ist es flüssig, und bei 100° kocht es, d. h. verwandelt es sich in ein farbloses, über 100° beständiges Gas. Ein Volumen Wasser nimmt, indem es zu Wassergas von +100° wird, einen 1696-mal gröfseren Raum ein. Unter 100° abgekühlt, wird es wieder tropfbarflüssiges Wasser. Geschieht diese Abkühlung in der Luft, so verdichtet es sich, unendlich kleine Bläschen bildend, zu sichtbarem Wasserdampf oder Dunst (Nebel, Wolken).

Wasser nimmt aber auch, ohne zu kochen, bei gewöhnlicher Temperatur Gasgestalt an, es verdunstet; diefs geschieht um so rascher, je höher die Temperatur, oder je geringer der Druck der Luft auf die Wasserfläche ist, und ist eine Folge des Bestrebens aller flüchtigen Körper, Gasgestalt anzunehmen (Tension). Von dieser Verdunstung hängt der Feuchtigkeitszustand der Luft ab.

Das meiste Quell- und Flufs-Wasser ist unrein, enthält fremde Substanzen, besonders häufig Kalksalze, aufgelöst. Das Regenwasser ist reiner, oft vollkommen rein. Um sich reines Wasser zu verschaffen, mufs man es destilliren.

*Destilliren* heifst, eine Flüssigkeit durch Wärme verflüchtigen, und den verflüchtigten Theil durch Abkühlung verdichten und wieder aufsammeln; es geschieht besonders in der Absicht, um zwei mit einander vermischte Stoffe von verschiedener Flüchtigkeit von einander zu trennen; z. B. um aus salz- und kalkhaltigem Brunnenwasser reines Wasser zu bekommen *).

*) *Sublimiren* nennt man diese Operation, wenn der verflüchtigte Körper in fester Form erhalten wird.

Das Wasser hat die Eigenschaft, sich mit sehr vielen Körpern chemisch und in bestimmter Proportion zu verbinden. Mit den basischen Oxyden verbindet es sich als Säure, mit den Säuren als basisches Oxyd. Es verbindet sich ferner mit den meisten Salzen (siehe *Säuren* und *Salze*). In zahllosen Fällen zersetzt es sich wechselseitig mit anderen zusammengesetzten Körpern und veranlafst die Bildung anderer Wasserstoff- und Sauerstoff-Verbindungen.

Es gibt noch eine zweite Verbindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff, das *Wasserstoffsuperoxyd*, die aus gleichen Maafstheilen beider Gase besteht. Sie ist eine farblose Flüssigkeit von 1,453 spec. Gewicht, die durch die Berührung mit gewissen Stoffen, zum Theil ohne Veränderung dieser Stoffe, ihr zweites Maafs Sauerstoffgas mit grofser Heftigkeit wieder gasförmig entweichen läfst, und sich in gewöhnliches Wasser verwandelt. Sie kann nicht unmittelbar gebildet werden (s. Bariumsuperoxyd).

Lavoisier war der erste, welcher das Wasser in seine beiden Bestandtheile zerlegte.

Wegen seiner Leichtigkeit wird das Wasserstoffgas zum Füllen der Luftballons angewendet, und auf seiner Entzündbarkeit beruht die Einrichtung der Wasserstoffgas-Zündmaschinen.

### 3. Stickstoff.

*Vorkommen.* Hauptsächlich in der Luft, welche in 100 Volumtheilen 79 Theile Stickgas enthält. Aufserdem wesentlicher Bestandtheil vieler Thier- und Pflanzenstoffe.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack. Leichter als die Luft, spec. Gewicht $=0,976$. Nicht brennbar. Im Stickgas sterben Thiere und verlöscht Feuer, daher sein Name.

*Darstellung.* Man entzieht der atmosphärischen Luft das Sauerstoffgas durch einen leicht oxydirbaren Körper, z. B. Phosphor, Wasserstoff, glühendes Eisen, worauf das Stickgas allein zurückbleibt.

*Verbindungen.* Der Stickstoff verbindet sich mit vielen Körpern, aber mit keinem einzigen auf unmittelbarem Wege; daher auch Stickgas durch keine einzige chemische Eigen-

schaft von andern Gasen ausgezeichnet ist, und man es nur an dem Mangel dieser Eigenschaften erkennt.

Mit *Sauerstoff* verbindet er sich in vier Verhältnissen: zu Stickoxydul, Stickoxyd, salpetriger Säure und Salpetersäure (s. bei den Säuren).

Mit *Wasserstoff* bildet er das Ammoniak (s. bei den Alkalien).

### 4. Schwefel.

*Vorkommen.* Gediegen; in Verbindung mit Metallen, und als Schwefelsäure in Salzen.

*Eigenschaften.* Gelb, durchsichtig oder durchscheinend, spröde, Nichtleiter der Electricität. Krystallisirt in Rhombenoctaëdern. Spec. Gewicht 2,0454. Schmilzt bei $+111°$ zur dünnen, gelben Flüssigkeit, wird von $+160°$ an dickflüssig und braun, und bei $+200°$ ganz steif und zähe. Plötzlich abgekühlt, erstarrt er amorph, bleibt nun Tage lang weich, braun, durchsichtig, und hat 1,957 spec. Gewicht. Bei langsamer Abkühlung krystallisirt der geschmolzene Schwefel, und zwar in einer anderen Form, als der natürlich vorkommende oder der aus gewissen Auflösungsmitteln sich abscheidende (Dimorphie des Schwefels). Bei $+316°$ siedet der geschmolzene Schwefel und verwandelt sich in ein gelbes Gas, welches einen ungefähr 500mal gröfseren Raum als der feste Schwefel einnimmt. Der Schwefel ist also ein flüchtiger Körper und kann überdestillirt werden. Wenn sich das Schwefelgas mit kalter Luft vermischt, so verdichtet sich der Schwefel in Gestalt eines gelben Pulvers (Schwefelblumen).

*Darstellung.* Der Schwefel wird in grofser Menge gewonnen, hauptsächlich aus gediegenem Schwefel auf Sicilien und in Polen, durch Ausschmelzen und Destilliren desselben. — Er wird besonders zur Fabrication des Schiefspulvers und der Schwefelsäure gebraucht.

#### Verbindungen des Schwefels.

Mit *Sauerstoff*, in vielen Verhältnissen, welche alle Säuren sind. Die höchste und wichtigste Verbindungsstufe ist die Schwefelsäure.

In offner Luft bis zum Kochen erhitzt oder mit einem glühenden Körper berührt, entzündet sich der Schwefel und verbrennt mit blauer Flamme. Das Product der Verbrennung ist ein Gas, die schweflige Säure.

Mit *Wasserstoff* bildet der Schwefel eine gasförmige Verbindung (s. Sulfide).

Die Verbindung des Schwefels mit *Stickstoff* ist ein gelber, durch Stofs explodirender Körper.

Der Schwefel verbindet sich mit den meisten Metallen. Die Vereinigung ist wie beim Sauerstoff häufig von einer Feuer-Entwickelung begleitet. Wie der Sauerstoff, vereinigt sich auch der Schwefel, mehrentheils in verschiedenen Verhältnissen, mit einem und demselben Metall.

Einige Schwefelmetalle verhalten sich ähnlich den Superoxyden; sie geben beim Erhitzen eine Portion ihres Schwefels ab, und verwandeln sich in Schwefelungsstufen mit geringerem Schwefelgehalt. Hierauf beruht die Gewinnung von Schwefel aus dem natürlich vorkommenden Schwefeleisen, dem Schwefelkies.

## 5. Selén.

*Vorkommen.* Sehr selten; hauptsächlich in Verbindung mit verschiedenen Metallen, besonders mit Blei.

*Eigenschaften.* Im geschmolzenen Zustande schwarz, halb metallisch glänzend, in dünnen Lagen mit rother Farbe durchscheinend; spröde, von muschligem Bruch, 4,3 spec. Gewicht; Nichtleiter der Electricität. Aus gewissen Verbindungen fein vertheilt abgeschieden, bildet es ein zinnoberrothes Pulver. Bei etwas über 100° schmelzbar, geräth noch unter der Glühhitze in's Sieden und bildet ein gelbes Gas.

An der Luft erhitzt, verbrennt das Selén mit röthlichblauer Flamme und unter Verbreitung eines ganz eigenthümlichen, starken Geruchs zu krystallisirbarer seleniger Säure. In seinen Verbindungen hat es die gröfste Aehnlichkeit mit dem Schwefel.

1817 von Berzelius entdeckt.

### 6. Tellur.

*Vorkommen.* Sehr selten; gediegen und in Verbindung mit Metallen (im Blättererz, Schrifterz, Tellurwismuth, Tellursilber).

*Eigenschaften.* Vollkommen metallglänzend, fast zinnweifs, von sehr krystallinischem Gefüge, spröde, von 6,258 spec. Gewicht, Halbleiter der Electricität, leicht schmelzbar, erst in starker Glühhitze flüchtig. An der Luft geschmolzen, entzündet es sich und verbrennt, ohne Geruch, mit blauer Flamme zu fester, telluriger Säure. In seinen Verbindungs-Verhältnissen höchst ähnlich dem Schwefel.

1782 von Müller von Reichenstein entdeckt.

### 7. Phosphor.

*Vorkommen.* Nur in Verbindung mit Sauerstoff als Phosphorsäure, hauptsächlich in den Knochen, aufserdem in mehreren Mineralien.

*Eigenschaften.* Farblos, durchsichtig, wachsglänzend, im Licht sich gelb, zuletzt roth färbend. Krystallform: Rhomben-Dodecaëder. Spec. Gewicht 1,75. In der Kälte spröde, bei gewöhnlicher Temperatur von Wachs-Consistenz. Schmilzt bei + 35°, kocht bei + 290°, und verwandelt sich in ein farbloses Gas. Er riecht knoblauchartig, raucht in der Luft, leuchtet im Dunkeln und ist sehr leicht entzündlich.

*Darstellung.* Man destillirt bei starker Glühhitze Phosphorsäure mit Kohle, welche dabei dem Phosphor den Sauerstoff entzieht und damit Kohlenoxydgas bildet. Die Phosphorsäure hierzu wird aus gebrannten Knochen abgeschieden, wie bei dieser Säure angegeben wird.

*Verbindungen.* Mit *Sauerstoff* vereinigt sich der Phosphor sehr leicht und bildet damit 3 Säuren. Das Rauchen desselben in der Luft beruht auf seiner Oxydation zu phosphoriger Säure. Die dabei statt findende Lichtentwickelung ist nur im Dunkeln, als ein Leuchten des Phosphors, zu bemerken. Wegen dieser leichten Oxydirbarkeit ist er stets unter Wasser aufzubewahren. — Erhitzt man den Phosphor in der Luft, so entzündet er sich und verbrennt mit stark leuchtender Flamme zu Phosphorsäure, die als

weifser Rauch verflüchtigt wird. Diese Entzündung ist schon durch Reiben des Phosphors, oder indem man ihn unvorsichtigerweise zwischen den warmen Fingern hält, oder durch Aufstreuen pulverförmiger Körper, zu bewirken. — Der Phosphor kann also bei zwei verschiedenen Temperaturen verbrennen und dabei ungleiche Mengen von Sauerstoff aufnehmen, die sich, auf dieselbe Menge von Phosphor, wie 3 : 5 verhalten.

*Phosphorwasserstoff.* Beide Elemente vereinigen sich in mehreren Proportionen, aber die Vereinigung ist nicht unmittelbar zu bewirken. Die merkwürdigste Verbindung ist das Phosphorwasserstoffgas $= PH^3$, am leichtesten entstehend durch Erhitzen von Phosphor mit gelöschtem Kalk, dessen Wassergehalt hierbei zersetzt wird. — Farbloses Gas von unangenehmem, knoblauchartigem Geruch. Ausgezeichnet durch die Eigenschaft, sich von selbst an der Luft zu entzünden und zu Phosphorsäure und Wasser zu verbrennen. Diese Selbstentzündlichkeit, die es nach längerer Aufbewahrung unter Abscheidung von etwas Phosphor verliert, rührt von einer Spur eines darin abgedunsteten anderen Phosphorwasserstoffs $= PH^2$ her, der durch starke Abkühlung als ein klares, sehr flüchtiges, an der Luft von selbst sich entzündendes Liquidum condensirbar ist. — Ein nicht selbstentzündliches Gas erhält man stets durch Erhitzen einer concentrirten Auflösung von phosphoriger oder von unterphosphoriger Säure in Wasser, wobei letzteres zersetzt und die Säure in Phosphorsäure umgewandelt wird. Durch einen brennenden Körper ist dieses Gas aber leicht entzündlich. Unter gewissen Umständen kann es in das selbstentzündliche verwandelt werden. — Mehrere Metalle, in Phosphorwasserstoffgas erhitzt, entziehen ihm den Phosphor und lassen reines Wasserstoffgas zurück.

Eine Verbindung zwischen *Stickstoff* und Phosphor ist noch nicht mit Sicherheit bekannt.

Mit *Schwefel* läfst sich der Phosphor in mehreren Verhältnissen verbinden (s. Sulfide).

Der Phosphor hat nur beschränkte Anwendung. Er wurde 1669 von Brandt in Hamburg entdeckt.

## 8. Arsenik.

*Vorkommen.* Gediegen; als arsenige und Arseniksäure; als Schwefelarsenik; in Verbindung mit mehreren Metallen.

*Darstellung.* Im Grofsen durch Destillation des Arsenikkieses, einer häufig vorkommenden metallischen Verbindung von Schwefeleisen mit Arsenikeisen. Das Arsenik sublimirt sich und Schwefeleisen bleibt zurück. Kommt im Handel unter dem älteren unrichtigen Namen *Cobaltum* vor.

*Eigenschaften.* Hell bleigrau, stark glänzend, von blättrig krystallinischem Gefüge, 5,7 spec. Gewicht; spröde. Verflüchtigt sich schon bei 180°, ohne zu schmelzen. Sein Dampf riecht eigenthümlich knoblauchartig. — In seinen Verbindungsverhältnissen höchst ähnlich dem Phosphor.

Mit dem *Sauerstoff* bildet das Arsenik 2 Säuren, die Arseniksäure und die arsenige Säure (siehe Säuren). In Sauerstoffgas erhitzt, verbrennt es mit weifser Flamme zu weifser, krystallisirbarer arseniger Säure.

Mit dem *Wasserstoff* vereinigt es sich zu einem farblosen, stinkenden, höchst giftigen Gas. Das Arsenikwasserstoffgas entsteht, wenn Zink in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst wird, welche arsenige Säure aufgelöst enthält. Durch ein schwach glühendes Glasrohr geleitet, wird es vollständig zerlegt, und das Arsenik als glänzender, metallischer Spiegel abgeschieden.

*Schwefelarsenik*, siehe Sulfide.

Mehrere Verbindungen des Arseniks sind schon seit den ältesten Zeiten bekannt.

## 9. Antimon.

*Vorkommen.* Selten gediegen; am häufigsten in Verbindung mit Schwefel.

*Gewinnung.* Das natürlich vorkommende Schwefelantimon (Grauspiefsglanzerz), nachdem es durch Erhitzen aus dem Gestein, worin es sich eingewachsen findet, ausgeschmolzen ist, wird im gepulverten Zustande so lange an der Luft erhitzt, bis aller Schwefel verbrannt und das Antimon oxydirt ist. Dieses Oxyd wird in mäfsiger Glüh-

hitze mit Kohle und Pottasche zusammengeschmolzen und dadurch reines Antimon erhalten. Im Kleinen erhält man es am besten durch Zusammenschmelzen von 100 Theilen Schwefelantimon mit 42 Th. Eisenfeile, 13 Th. Pottasche und 2 Th. Kohlenpulver.

*Eigenschaften.* Vollkommen metallglänzend, fast zinn-weifs, von sehr krystallinischem, blättrigem Gefüge, 6,7 spec. Gewicht; spröde und leicht zu pulvern, in schwacher Glühhitze schmelzbar, in sehr hoher Temperatur flüchtig. An der Luft glühend geschmolzen, entzündet sich das Antimon und verbrennt zu antimoniger Säure *), die sich als weifser, geruchloser Rauch verflüchtigt. Es bildet aufser-dem eine Antimonsäure (s. Säuren).

*Antimonwasserstoffgas.* Entsteht, wenn man Zink in verdünnter Schwefelsäure auflöst, die antimonige Säure ent-hält. Brennt mit weifser, rauchender Flamme; durch eine glühende Röhre geleitet, setzt es das Antimon als glänzen-den Metallspiegel ab.

Die Verbindungen des Antimons mit *Schwefel* siehe bei den Sulfiden.

Mehrere Verbindungen des Antimons sind wichtige Arz-neimittel, andere haben technische Anwendungen. Es ist erst seit dem 16ten Jahrhundert bekannt.

## 10. Chlor.

*Vorkommen.* In beträchtlicher Menge; niemals in freiem Zustande, stets in Verbindung, hauptsächlich mit Natrium als Kochsalz (Steinsalz, Seesalz).

*Eigenschaften.* Blafs grüngelbes Gas, von eigenthümli-chem, erstickendem Geruch, die Athmungswerkzeuge stark angreifend. Spec. Gewicht 2,44. Es ist ein coërcibeles Gas; bis zu $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ seines Volumens zusammengedrückt, oder stark abgekühlt, verwandelt es sich in eine dunkelgelbe Flüs-sigkeit, die schwerer als Wasser ist und bei Aufhebung des Drucks wieder gasförmig wird.

*Darstellung.* Aus Salzsäure (der Verbindung von Chlor

---

*) Sonst Antimonoxyd genannt.

mit Wasserstoff) und Braunstein, wobei sich der Sauerstoff des Mangansuperoxyds mit dem Wasserstoff des Chlorwasserstoffs zu Wasser, und das Mangan mit der Hälfte des freiwerdenden Chlors verbindet, während die zweite Hälfte des letzteren als Gas weggeht. — Oder aus einem Gemenge von 3 Theilen Kochsalz, 2 Theilen fein geriebenem Braunstein und 5 Theilen Schwefelsäure, die mit 4 Theilen Wasser verdünnt ist. Der Braunstein wird hierbei in schwefelsaures Manganoxydul verwandelt, und das Kochsalz in schwefelsaures Natriumoxyd, indem sein ganzer Chlorgehalt frei gemacht wird. Das Gas wird über warmem Wasser oder in einer trocknen hohen Flasche, bis auf deren Boden man die Gasröhre führt, aufgefangen. Von Quecksilber wird es absorbirt.

### Verbindungen des Chlors.

*Chlorwasser.* Wasser löst bei $+10^{\circ}$ über $2\frac{1}{2}$ Maafs Chlorgas auf; blafsgelbe Flüssigkeit, sehr stark nach Chlor riechend, herbe schmeckend. Das Chlor in dieser Auflösung zersetzt im Sonnenschein das Wasser, indem es sich mit dessen Wasserstoff verbindet und den Sauerstoff als Gas frei macht. Dieselbe Zersetzung des Wassers findet statt in Glühhitze, wenn man Chlorgas mit Wasserdampf durch ein glühendes Rohr leitet. — Bis zu $0^{\circ}$ abgekühlt, setzt das Chlorwasser kleine blafsgelbe Schuppen ab, eine bestimmte, krystallisirbare Verbindung von Chlor mit Wasser, die sich bei gewöhnlicher Temperatur wieder in Chlorgas und Wasser zersetzt, daher zur Darstellung des tropfbarflüssigen Chlors dienen kann.

*Sauerstoff* verbindet sich mit dem Chlor in vier Verhältnissen, welche alle Säuren sind, und daher bei diesen angeführt werden.

*Chlorwasserstoff* ist ein farbloses, an der Luft rauchendes Gas, und entsteht durch unmittelbare Vereinigung der beiden Gase. 1 Maafs Chlorgas verbindet sich mit 1 Maafs Wasserstoffgas zu 2 Maafs Chlorwasserstoffgas, im gewöhnlichen Tageslicht allmählig, im directen Sonnenlicht oder durch den electrischen Funken mit Explosion. Im Dun-

2*

keln geht keine Vereinigung vor sich (siehe Wasserstoffsäuren).

*Chlorstickstoff.* Gelbe, in Wasser unlösliche Flüssigkeit, die darin in ölartigen Tropfen zu Boden sinkt, von sehr reizendem Geruch, sehr flüchtig. Ausgezeichnet durch ihre, mit der gefährlichsten Explosion sehr leicht statt findende Zersetzbarkeit in Stickgas und Chlorgas. — Bildet sich nicht durch unmittelbare Berührung der beiden Elemente.

*Chlorschwefel.* Chlor und Schwefel vereinigen sich in mehreren Verhältnissen. Die Vereinigung geht unmittelbar und unter Wärmeentwickelung vor sich. Diese Verbindungen sind alle Flüssigkeiten. Am leichtesten entsteht die mit dem geringsten Chlorgehalt $= S^2 Cl$, eine rothgelbe Flüssigkeit, von unangenehmem, erstickendem Geruch, an der Luft rauchend, flüchtig, schwerer als Wasser, womit sie sich in Chlorwasserstoff, schweflige Säure und Schwefel zersetzt. Löst in der Wärme viel Schwefel auf, der beim Erkalten daraus in grofsen Krystallen anschiefst. — Aehnliche Verbindungen entstehen mit Selen und Tellur.

*Chlorphosphor.* Der Phosphor entzündet sich im Chlorgas, und kann sich mit demselben in zwei Verhältnissen verbinden. Die eine Verbindung, die mit dem geringsten Chlorgehalt, ist eine wasserklare, stark rauchende, sehr flüchtige Flüssigkeit, und entsteht, wenn Phosphor im Ueberschufs in Chlorgas erwärmt wird. — Der Chlorphosphor mit dem gröfsten Chlorgehalt ist ein fester, weifser, krystallinischer Körper, ebenfalls sehr flüchtig und in der Luft stark rauchend; entsteht, wenn man in den flüssigen bis zur Sättigung Chlorgas leitet.

Beide Verbindungen zersetzen sich unter starker Erhitzung mit Wasser; die flüssige in Chlorwasserstoffsäure und phosphorige Säure; die feste in Chlorwasserstoffsäure und Phosphorsäure. — Der flüssige Chlorphosphor enthält auf 100 Theile Phosphor 339,20 Chlor, der feste dagegen auf 100 Theile Phosphor 565,35 Chlor. Die Chlormengen verhalten sich also in beiden $= 3:5$. Der flüssige besteht aus 1 Aequivalent Phosphor und 3 Aeq. Chlor, der feste aus 1 Aeq. Phosphor und 5 Aeq. Chlor.

*Chlorarsenik*, $As Cl^3$, ist eine wasserklare, schwere, rauchende, flüchtige Flüssigkeit, die sich mit Wasser in Chlorwasserstoff und arsenige Säure zersetzt. Das Arsenik entzündet sich von selbst im Chlorgas und verbrennt zu Chloarsenik. $As Cl^5$ ist nicht bekannt.

*Chlorantimon*. Das Antimon in Pulverform entzündet sich von selbst im Chlorgas und verbrennt zu Chlorid, $Sb Cl^5$. Dieses ist eine farblose, schwere, flüchtige, stark rauchende Flüssigkeit. Zersetzt sich mit Wasser unter starker Erhitzung in Chlorwasserstoff und Antimonsäure. Das zweite Chlorantimon, $Sb Cl^3$, ist eine krystallinische, farblose Substanz, die in gelinder Wärme schmilzt, in stärkerer überdestillirt. Mit Wasser zersetzt es sich (s. antimonige Säure).

---

Das Chlor vereinigt sich aufserdem mit allen übrigen Elementen, namentlich mit den Metallen, und mit diesen häufig mit gröfserer Verwandtschaft als der Sauerstoff, wie aus der, bei gewöhnlicher Temperatur erfolgenden, Entzündung mehrerer Metalle in Chlorgas hervorgeht. In Chlorgas geglüht, verlieren viele Metalloxyde ihren Sauerstoff und verwandeln sich in Chlormetalle.

Das Chlor hat die Eigenschaft, die meisten Thier- und Pflanzenstoffe in ihrer Zusammensetzung zu verändern, daher auch die Pflanzenfarben, die riechenden Materien, die sich von faulenden organischen Stoffen entwickeln, und die, bei gewissen Krankheiten sich erzeugenden Ansteckungsstoffe zu zerstören. Hierauf beruht die sehr wichtige Anwendung, sowohl des gasförmigen Chlors, als auch des Chlorwassers, und besonders des sogenannten Chlorkalks, zum Bleichen der Zeuge, und zum Zerstören fauler Gerüche und ansteckender Krankheitsstoffe. Die Ursache dieser Wirkung ist zunächst die grofse Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff, den es dabei jenen organischen Stoffen theilweise entzieht.

Das Chlor ist 1774 von Scheele entdeckt worden; weil man es für einen zusammengesetzten Körper hielt, wurde es früher oxydirte Salzsäure genannt.

## 11. Brom.

*Vorkommen.* Nur in geringer Menge und stets gebunden; immer in Begleitung von Chlorverbindungen, im Meerwasser und im Wasser aller Salzquellen; in der gröfsten Menge bis jetzt im Wasser des todten Meeres.

*Eigenschaften.* Schwarze Flüssigkeit, in dünnen Schichten hyacinthroth; von höchst durchdringendem Geruch, ähnlich dem vom Chlor; die Haut gelb färbend und zerstörend; spec. Gewicht =2,966; wird bei — 25° fest, verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr leicht als tief rothgelbes Gas, und siedet schon bei + 47°. In Wasser nur wenig löslich, mit rothgelber Farbe.

*Darstellung.* Ganz so wie Chlor.

*Verbindungen.* In seinem Verhalten zu den anderen Körpern hält das Brom mit dem Chlor so gleichen Schritt, dafs alles von diesem Gesagte auch auf jenes anwendbar ist. Die meisten Bromverbindungen sind in ihren Eigenschaften den entsprechenden Chlorverbindungen so ähnlich, dafs sie nur schwer davon zu unterscheiden sind. Es wird übrigens vom Chlor aus seinen Verbindungen ausgetrieben.

Das Brom ist 1826 von Balard im Wasser des Mittelländischen Meeres entdeckt worden.

## 12. Jod.

*Vorkommen.* Nur in geringer Menge; niemals in freiem Zustande, meist in Begleitung von Chlor, im Meerwasser, in Seepflanzen (Fucusarten), Seethieren (Badeschwamm), in manchem Steinsalz, in Salzsoolen und Mineralquellen.

*Eigenschaften.* Fester Körper, grauschwarz, undurchsichtig, halb metallisch glänzend, leicht krystallisirend in Rhombenoctaëdern; leicht zerreiblich; riecht sehr ähnlich dem Chlor, schmeckt scharf und ist giftig; färbt die Haut bräunlichgelb; verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur. Schmilzt bei + 107°, kommt bei + 180° in's Sieden, und verwandelt sich in ein schön violettes Gas, welches sich bei der Abkühlung zu glänzenden Krystallen verdichtet. Das spec. Gewicht des festen Jods ist 4,948. Es ist in Wasser sehr wenig löslich.

*Darstellung.* Aehnlich der des Chlors.

*Verbindungen.* Ihre Bildung und ihre Eigenschaften höchst ähnlich denen des Chlors und Broms. Der *Jodstickstoff* ist ein schwarzes Pulver, welches bei der leisesten Berührung mit starkem Knall explodirt.

Das Jod hat die Eigenschaft, die Stärke tief blau zu färben, wodurch die Gegenwart unendlich kleiner Mengen freien Jods entdeckt werden kann.

Das Jod ist 1811 von Courtois entdeckt worden. Es wird hauptsächlich als Medicament angewendet.

### 13. Fluor.

*Vorkommen.* Im Flufsspath, einer Verbindung von Fluor mit Calcium, und in einigen anderen seltneren Mineralien.

Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, das Fluor aus seinen Verbindungen abzuscheiden; seine Eigenschaften im isolirten Zustande sind also noch unbekannt.

In seinen Verbindungen verhält sich das Fluor dem Chlor sehr ähnlich. Es hat noch stärkere Verwandtschaften als das Chlor, da es von diesem nicht aus seinen Verbindungen ausgetrieben wird. Es verbindet sich mit den meisten Metallen; allein unter den vorhergehenden Metalloïden kennt man nur seine Verbindung mit Wasserstoff genau (s. Wasserstoffsäuren).

### 14. Kohlenstoff.

*Vorkommen.* Im reinen Zustande als Diamant und als Graphit; mit Sauerstoff verbunden als Kohlensäure. Er ist ferner ein wesentlicher Bestandtheil aller organischen Körper.

*Eigenschaften.* Der Kohlenstoff bietet sich, bei gleicher chemischer Natur, unter sehr verschiedenen äufseren Eigenschaften dar (*Allotropie* des Kohlenstoffs). Unter jeder Form ist er ein fester, geruch- und geschmackloser Körper, ausgezeichnet durch die vollkommenste Feuerbeständigkeit und Unschmelzbarkeit.

1. *Diamant.* Er ist Kohlenstoff in vollkommen reinem und dabei krystallisirtem Zustande. Seine Form ist ein Octaëder, nach dessen Flächen er spaltbar ist; er hat einen eigenthümlichen, ausgezeichneten Glanz; er ist vollkommen

bung von Flüssigkeiten, zur Wegnahme des Geschmacks von faulem Wasser, zur Conservation von Fleisch etc.

Die Kohle ist von sehr ungleicher Brennbarkeit, je nach dem ungleichen Grade ihrer Dichtigkeit. Gröfsere Massen sehr feinen Kohlenpulvers können sich sogar von selbst entzünden, in Folge jener Eigenschaft, Luft und Wassergas einzusaugen. — Hinterläfst beim Verbrennen fremde Bestandtheile als Asche.

Die sogenannte *thierische Kohle* entsteht durch Verkohlung von Thierstoffen. Meist von geschmolzenem Ansehen und glänzend, schwerer verbrennbar als Holzkohle. Von dieser hauptsächlich verschieden durch einen Gehalt an Stickstoff, der erst in sehr hoher Temperatur weggeht.

Besitzt in noch höherem Grade, als die Pflanzenkohle, die Eigenschaft, aufgelöste Stoffe zu fällen, daher ihre bedeutende Anwendung als *Beinschwarz* (schwarz gebrannte und gepulverte Knochen) zur Reinigung und Entfärbung des Zuckersyrups.

### Verbindungen des Kohlenstoffs.

Mit dem *Sauerstoff* vereinigt sich der Kohlenstoff in mehreren Verhältnissen, und in der Glühhitze hat er zu ihm ein gröfseres Vereinigungsstreben, als die meisten übrigen Stoffe; in der Glühhitze entzieht er z. B. den meisten Metalloxyden den Sauerstoff, durch Glühen mit Kohle kann aus der Phosphorsäure der Phosphor abgeschieden werden. Mit der geringsten Menge Sauerstoff bildet der Kohlenstoff das Kohlenoxydgas, und mit der gröfsten Menge oder doppelt so viel Sauerstoff die Kohlensäure, ebenfalls ein Gas, die beim Verbrennen der Kohle in der Luft oder in Sauerstoffgas entsteht. Indem sich 1 Maafs Sauerstoffgas, durch Verbrennen von Kohle darin, in Kohlensäuregas verwandelt, verändert es seinen Umfang nicht. Aus dem specifischen Gewicht des Kohlensäuregases, = 1,5201, läfst sich daher die Zusammensetzung der Kohlensäure dem Gewichte nach leicht bestimmen. Dem Volumen nach besteht das Kohlensäuregas aus 2 Volumen Sauerstoffgas und 1 Volumen Kohlenstoffgas, verdichtet zu 2 Volumen. Oder es besteht aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Sauerstoff.

Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff.

Der Kohlenstoff geht mit dem Wasserstoff sehr viele Verbindungen ein, und bildet damit feste, flüssige und gasförmige Körper. Keine dieser Verbindungen kann durch unmittelbare Vereinigung der Elemente hervorgebracht werden. Nur zwei davon werden hier beschrieben; die anderen gehören, zufolge ihrer Bildungs- und eigenthümlichen Zusammensetzungsweise, zu einer anderen Gruppe von Verbindungen, sie gehören in das Gebiet der organischen Chemie.

1. *Grubengas*, Sumpfgas, Kohlenwasserstoffgas mit der geringsten Menge Kohlenstoff. Farbloses, nur schwach riechendes Gas, leichter als Luft, brennbar mit wenig leuchtender Flamme. 1 Maafs dieses Gases braucht zum Verbrennen 2 Maafs Sauerstoffgas, und bildet mit dem 1 Maafs desselben Wasser, mit dem anderen 1 Maafs Kohlensäuregas. 1 Volumen dieses Gases besteht also aus $\frac{1}{2}$ Volumen Kohlengas und 2 Volumen Wasserstoffgas. Diese Verbrennung geschieht mit Explosion. — Dieses Gas wird nicht von Wasser aufgenommen, und geht überhaupt sonst keine Verbindung ein. Findet sich fertig gebildet in Steinkohlengruben (schlagende Wetter), entwickelt sich durch die Verwesung von Pflanzenstoffen in Sümpfen, und bildet sich bei der trocknen Destillation organischer Stoffe.

2. *Oelbildendes Gas*, Leuchtgas. Dieses Gas, merkwürdig wegen seiner Anwendung zur Gasbeleuchtung, wird zu diesem Endzweck durch Destillation der Steinkohlen erhalten; ferner wird es gebildet durch Erhitzen eines Gemenges von 4 Theilen concentrirter Schwefelsäure mit 1 Theil Alkohol. Der Alkohol ist so zusammengesetzt, dafs man ihn als eine Verbindung von diesem Kohlenwasserstoff mit Wasser betrachten könnte.

Farbloses Gas, von eigenthümlichem Geruch, fast so schwer wie die Luft (0,98 spec. Gewicht), verbrennt mit hellleuchtender Flamme, daher seine Anwendung. 1 Maafs dieses Gases braucht zum Verbrennen 3 Maafs Sauerstoffgas, und giebt damit 2 Maafs Kohlensäuregas und Wasser. Der Wasserstoff ist also in diesem Gas mit doppelt so viel Kohlenstoff, wie im vorigen, verbunden, oder 1 Volumen die-

ses Gases besteht aus 1 Volumen Kohlengas und 2 Volumen Wasserstoffgas, oder dem Gewicht nach aus 85,754 Theilen Kohlenstoff und 14,246 Theilen Wasserstoff. Diese Verbrennung der reinen Gase ist mit einer so heftigen Explosion verbunden, dafs sie von den wenigsten Gefäfsen ausgehalten wird. Durch eine glühende Röhre geleitet, wird dieses Gas in sich absetzende dichte, schwarze Kohle, und in ein doppeltes Volumen Wasserstoffgas zerlegt. Nicht condensirbar.

Der alte Name ölbildendes Gas bezieht sich auf die Eigenschaft dieses Kohlenwasserstoffgases, sich mit einem gleichen Volumen Chlorgas zu einer ölartigen, farblosen, in Wasser untersinkenden Flüssigkeit, dem *Chlorelayl*, zu verbinden. Aehnliche Verbindungen bilden damit Brom und Jod. Die mit letzterem ist ein fester, farbloser, krystallisirender Körper. Alle entstehen durch unmittelbare Vereinigung bei gewöhnlicher Temperatur.

Zum Behuf der Gaserleuchtung wird das Kohlenwasserstoffgas durch Glühen von Steinkohlen in gufseisernen Cylindern entwickelt. Nachdem es in den ersten grofsen Ableitungsgefäfsen viel Theer abgesetzt hat, wird es zur weiteren Reinigung durch mit Heu oder Moos locker aufgeschichteten gelöschten Kalk, und von da in die grofsen Gasbehälter geleitet, von wo aus es in die allgemeinen Gasleitungsröhren gedrückt, und darin bis dahin geleitet wird, wo es zum Leuchten dienen soll. Dieses Steinkohlengas ist niemals reines ölbildendes Gas, sondern enthält stets mehr oder weniger Grubengas. Eine andere vortheilhafte Bereitungsweise zur Gasbeleuchtung besteht darin, dafs man Harz oder Fett, besonders flüssiges Oel, in verschlossene glühende Cylinder von Gufseisen tropfen läfst.

### Kohlenstoff und Stickstoff.

Beide Stoffe lassen sich auf keine Weise direct mit einander verbinden, aber auf Umwegen kann eine sehr merkwürdige Verbindung zwischen beiden hervorgebracht werden. Sie ist ein Gas; wegen ihrer Eigenschaft, in Verbindung mit Eisen eine schöne, blaue Farbe, das Berlinerblau, zu bilden, hat man sie *Cyan* genannt.

*Darstellung.* Das Cyangas erhält man durch Erhitzen von Cyanquecksilber, welches sich dabei ähnlich wie das Quecksilberoxyd verhält, und in Quecksilber und Cyangas zerlegt wird.

Zur Bildung des Cyans dient als erstes Material die stickstoffhaltige, thierische Kohle. Sie wird mit Kaliumoxyd (Pottasche) geglüht; dabei wird durch die Kohle dem Kaliumoxyd der Sauerstoff entzogen und das Kalium tritt mit Kohlenstoff und Stickstoff in dem Verhältnifs zusammen, worin sie Cyan bilden. Das entstandene Cyankalium wird hierauf in Wasser aufgelöst. Durch Vermischung der Auflösung mit einem Eisensalz wird das Cyan auf das Eisen des letzteren übertragen, und schlägt sich als Cyaneisen (Berlinerblau) nieder. Aus diesem läfst sich das Cyan nicht in freier Gestalt abscheiden. Man überträgt es daher erst wieder auf Quecksilber, indem man das Berlinerblau mit Quecksilberoxyd und Wasser kocht. Hierdurch entsteht unlösliches Eisenoxyd und auflösliches Cyanquecksilber, welches in farblosen Krystallen anschiefst.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, von ganz eigenthümlichem, höchst durchdringendem Geruch und 1,8187 spec. Gewicht; zu etwa $\frac{1}{4}$ zusammengedrückt, oder bis zu $-18°$ abgekühlt, bildet es eine farblose Flüssigkeit, die bei $-40°$ erstarrt. Wasser löst $4\frac{1}{2}$ Maafs Cyangas auf, und nimmt dadurch seinen Geruch und stechenden Geschmack an. Ueber glühendes Eisen geleitet, wird es zersetzt, in Stickgas und Kohle. Ueber glühendes Kupferoxyd geleitet, liefert es, unter Abscheidung des Kupfers, ein Gasgemenge, welches aus 2 Volumen Kohlensäuregas und 1 Volumen Stickgas besteht. Das Cyangas ist entzündlich und verbrennt mit purpurrother Flamme. 1 Maafs Cyangas braucht zur Verbrennung 2 Maafs Sauerstoffgas, und gibt dabei 3 Maafs Gas, welches aus 2 Maafs Kohlensäuregas und 1 Maafs Stickgas besteht. 1 Volumen Cyangas besteht also aus 1 Volumen Kohlengas und 1 Volumen Stickgas. Dem Gewichte nach besteht das Cyan aus 1 Aeq. Stickstoff und 2 Aeq. Kohlenstoff, $=$ Cy, oder in 100 Theilen aus 45,906 Kohlenstoff und 54,094 Stickstoff.

*Verbindungen des Cyans.* In seinen Verbindungs-Ver-

hältnissen ist das Cyan dadurch ausgezeichnet, dafs es, obgleich ein zusammengesetzter Körper, sich zu den übrigen Stoffen wie ein einfacher, und dem Chlor ganz analoger Körper verhält.

Mit dem Sauerstoff bildet das Cyan eine Säure, die Cyansäure.

Mit dem Wasserstoff bildet es die Cyanwasserstoffsäure, bekannt als eines der stärksten Gifte, unter dem Namen Blausäure. Auch mit dem Schwefel geht es Verbindungen ein.

*Chlorcyan.* Läfst man Cyanquecksilber in einem Gefäfse voll Chlorgas liegen, so entsteht Chlorquecksilber und Chlorcyan, welches ein farbloses Gas ist, von unerträglich heftigem, die Augen stark angreifendem Geruch. Bei $-18^{\circ}$ verdichtet es sich zu farblosen Krystallen; bei $-15^{\circ}$ schmelzen diese zu einer Flüssigkeit, die schon bei $-12^{\circ}$ siedet. Von Wasser wird dieses Gas in Menge aufgelöst, ohne zersetzt zu werden.

Schüttet man Cyanwasserstoffsäure in ein Gefäfs voll Chlorgas, und setzt dasselbe dem Sonnenschein aus, so entsteht Chlorwasserstoffgas und ein Chlorcyan, welches ein fester, in Prismen krystallisirender Körper ist, der einen scharfen, mäuseartigen Geruch besitzt. Schmilzt bei $+140^{\circ}$ und sublimirt sich bei $+190^{\circ}$. Wird von kochendem Wasser zersetzt (s. Cyanursäure). — Beide Arten des Chlorcyans haben gleiche procentische Zusammensetzung, sie bestehen aus gleichen Volumen Chlorgas und Cyangas, sie sind aber polymerisch; das gasförmige ist $= Cy\,Cl$, das feste $= Cy^3\,Cl^3$.

*Bromcyan.* Farblose, flüchtige, heftig riechende Krystalle.

*Jodcyan.* Feine, weifse, seidenglänzende Nadeln, von sehr heftigem Geruch; sehr flüchtig.

Das Cyan verbindet sich ferner mit den meisten Metallen. Fast alle seine Verbindungen sind durch das wissenschaftliche Interesse, welches sie darbieten, und mehrere auch durch die nützlichen Anwendungen, welche man davon macht, merkwürdig geworden. Das Cyan wurde 1815 von Gay-Lussac entdeckt.

---

*Schwefelkohlenstoff.* Siehe Sulfide.

*Chlorkohlenstoff.* Chlor kann sich in mehreren Proportionen mit Kohlenstoff vereinigen, aber keine dieser Verbindungen ist direct darzustellen. Chlor ist z. B. durchaus ohne Wirkung auf weifsglühende Kohle. Leitet man aber Chlorgas durch erhitztes Chlorelayl (die Verbindung von Chlor mit ölbildendem Gas, Seite 27.), oder stellt man eine Flasche voll Chlorgas, worin sich Chlorelayl befindet, in den Sonnenschein, so bildet sich Chlorwasserstoffgas, und das Chlorelayl verwandelt sich in eine weifse, krystallinische Substanz. Diese ist ein Chlorkohlenstoff, der aus $C^2 Cl^3$ besteht. Er ist in Wasser unlöslich, besitzt einen campherartigen Geruch, ist leicht schmelzbar und sehr flüchtig. Leitet man seinen Dampf durch eine glühende Röhre, so erhält man Chlorgas und eine farblose, sehr flüchtige Flüssigkeit, die der Chlorkohlenstoff mit dem geringsten Chlorgehalt ist und aus $C Cl$ besteht. Ein dritter entsteht, wenn man ein Gemenge von Schwefelkohlenstoffdampf und Chlorgas durch ein glühendes Rohr leitet. Er ist $= C Cl^2$ und bildet eine farblose, angenehm riechende, mit Wasser nicht mischbare Flüssigkeit von 1,599 spec. Gewicht und 78° Siedepunct.

Verbindungen des Kohlenstoffs mit ***Brom***, ***Jod***, ***Fluor***, ***Selen***, ***Tellur***, ***Phosphor***, ***Arsenik*** und ***Antimon*** sind noch nicht bekannt.

## 15. Bor.

***Vorkommen.*** Nur oxydirt und sparsam, im Mineralreich.

***Eigenschaften.*** Bis jetzt nur in Gestalt eines dunkel grünlichbraunen Pulvers bekannt; geschmack- und geruchlos, nicht flüchtig und nicht schmelzbar.

*Verbindungen.* Nur wenige bekannt; die merkwürdigste, die mit Sauerstoff: die ***Borsäure*** oder Boraxsäure, welche durch Verbrennung des Bors entsteht, und, fertig gebildet, vorzüglich im Borax (borsauren Natriumoxyd) und frei in einigen heifsen Mineralquellen vorkommt.

Mit dem ***Chlor*** und ***Fluor*** bildet das Bor gasförmige, an der Luft stark rauchende Verbindungen.

## 16. Kiesel.

*Vorkommen.* Nur oxydirt als Kieselsäure; macht einen Bestandtheil eines grofsen Theils der Gesteine unserer Erde aus, und ist, nächst dem Sauerstoff, der auf der Erde in der gröfsten Menge vorkommende Körper.

*Eigenschaften.* Bis jetzt nur als braunes, glanzloses Pulver bekannt, unschmelzbar; im geglühten Zustande in keiner Säure löslich, und beim Erhitzen unverbrennlich.

*Kieselsäure* ist die einzige Oxydationsstufe des Kiesels; sie entsteht durch Oxydation des Kiesels, und findet sich natürlich, rein und krystallisirt als Bergkrystall. Siehe das Nähere bei den Säuren.

*Schwefelkiesel.* Fester, weifser Körper, in Wasser sogleich in gallertartige Kieselsäure und entweichendes Schwefelwasserstoffgas sich verwandelnd.

*Chlorkiesel*, $Si\,Cl^3$. Farblose, dünne, rauchende, sehr flüchtige Flüssigkeit. Zersetzt sich mit Wasser in Kieselsäure und Chlorwasserstoffsäure. Entsteht sowohl direct, als durch Glühen eines Gemenges von gepulvertem Quarz oder Sand mit Kohle in Chlorgas.

*Fluorkiesel*, $Si\,F^3$. Farbloses, an der Luft rauchendes Gas, von erstickendem sauren Geruch und 3,574 spec. Gewicht. Bei einer Kälte von — 105° und 9 Atmosphären Druck zu einem Liquidum condensirbar. Wird von Wasser in aufserordentlicher Menge aufgenommen, aber unter Zersetzung (s. Wasserstoffsäuren).

Das Fluorkieselgas entwickelt sich leicht aus einem Gemenge von gleichen Theilen reinem Sand (Kieselsäure) und Flufsspathpulver (Fluorcalcium) mit 6 Theilen concentrirter Schwefelsäure. Das Fluorcalcium wird dabei in schwefelsaures Calciumoxyd (Gyps) verwandelt.

Kalium, in Fluorkieselgas erhitzt, verbrennt darin unter Bildung von Fluorkalium und Abscheidung von pulverförmigem Kiesel, — die Art, wie man den Kiesel darstellt, da es bis jetzt nicht gelungen ist, ihn unmittelbar aus der Kieselsäure abzuscheiden.

Die Darstellung des Kiesels wurde 1824 von Berzelius entdeckt.

# Von der atmosphärischen Luft und den Säuren und Oxyden der Metalloïde.

## Atmosphärische Luft.

*Zusammensetzung.* Die unsere Erde umgebende Luft besteht aus einem Gemenge von 21 Volumtheilen Sauerstoffgas und 79 Vth. Stickgas, mit veränderlichen, sehr geringen Mengen von Wassergas und Kohlensäuregas. Bei einer Kälte von — 110° und einem Druck von 50 Atmosphären nicht condensirbar.

Das gegenseitige Verhältnifs von Sauerstoffgas und Stickgas findet man in allen Höhen der Luft, zu allen Jahres- und Tageszeiten, in allen Welttheilen, ganz unveränderlich.

Es ist so gut wie gewifs, dafs dieses constante Verhältnifs dadurch erhalten wird, dafs der bei dem Athmen der Thiere und bei den Verwesungs- und Verbrennungs-Prozessen aus der Luft weggenommene und in Kohlensäure verwandelte Sauerstoff durch die Pflanzen in die Luft zurückgeführt wird; denn alle grünen Theile der Pflanzen haben die Eigenschaft, unter dem Einflufs des Lichts aus der Luft und aus dem Boden Kohlensäure aufzunehmen und dafür Sauerstoffgas auszudunsten.

Die Zusammensetzung der Luft ist leicht zu finden. Die verschiedenen, hierzu anwendbaren analytischen Methoden beruhen alle darauf, dafs man den Sauerstoffgehalt aus einem abgemessenen Volumen atmosphärischer Luft vermittelst eines leicht oxydirbaren Körpers wegnimmt, und das Volumen oder das Gewicht des verschwundenen Sauerstoffgases oder das des zurückbleibenden Stickgases mifst. Die am gewöhnlichsten hierzu angewandten Körper sind fein vertheiltes Eisen oder Kupfer, Phosphor oder Wasserstoffgas.

Die Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff wird durch einen electrischen Funken, oder durch schwammiges Pla-

Platin bewirkt, in starken, graduirten Glasröhren (Eudiometern), und die Menge des verschwundenen Gases bemerkt. Da sich 1 Maafs Sauerstoffgas mit 2 Maafs Wasserstoffgas verbindet, so ist $\frac{1}{3}$ des bei der Verbrennung verschwundenen Gasgemenges Sauerstoffgas. Beim Verbrennen eines Gemenges von 100 Maafs Luft mit 50 Maafs Wasserstoffgas verschwinden nahe 63 Maafs, wovon ein Drittheil, $=21$, Sauerstoffgas ist. Da das spec. Gewicht des Sauerstoffgases 1,1026 ist, so sind dem Gewichte nach 23,1 Theile Sauerstoffgas in der Luft enthalten.

Im Mittel enthalten 100 Volumtheile atmosphärischer Luft:

| | |
|---|---|
| Stickgas | 78,492 |
| Sauerstoffgas | 20,627 |
| Kohlensäuregas | 0,041 |
| Wassergas | 0,840 |
| | 100,000. |

*Verbrennen in der Luft.* Jede in der Luft statt findende Verbrennung beruht darauf, dafs sich der verbrennende Körper mit dem Sauerstoff der Luft vereinigt. Durch die Erhitzung wird dabei die ihres Sauerstoffs beraubte Luft ausgedehnt, also leichter, sie steigt in die Höhe, wodurch ein Zuströmen von reiner Luft zu dem verbrennenden Körper veranlafst, und so das Verbrennen unterhalten wird.

Die Körper verbrennen mit oder ohne Flamme; ohne Flamme, wenn sich vom brennenden Körper nichts verflüchtigt, z. B. Eisen; mit Flamme, wenn ein Gas verbrennt, z. B. Zink, Phosphor, Wasserstoffgas.

Die Flammen sind leuchtend oder nicht leuchtend, letzteres, wenn das Product der Verbrennung gasförmig ist, wie z. B. bei der Wasserstoffgasflamme; leuchtend dagegen, wenn das Verbrennungsproduct ein fester Körper ist, dessen Theilchen in der Flamme glühen, wie z. B. bei der Flamme von Phosphor, bei der Wasserstoffgasflamme, in die feiner Platindraht gehalten wird. Die Flamme des einen Kohlenwasserstoffgases (das Gaslicht) ist darum leuchtend, weil sich in der Flamme selbst feste Kohle, unendlich fein vertheilt, abscheidet, die glüht und am Saume verbrennt.

In den Flammen von Oel, Talg und Wachs gehen verwickeltere Prozesse vor sich, indem diese Substanzen, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, in den Docht, in den sie durch dessen Capillarität hinaufgezogen werden, in Folge der Verbrennungshitze zuerst andere Zersetzungsproducte bilden, ehe sie zu den Endproducten, zu Kohlensäure und Wasser, verbrennen. Aber auch hier wird die leuchtende Eigenschaft von dem Glühen abgeschiedener fester Kohlenpartikelchen bedingt, die bei unterbrochener Verbrennung als schwarzer Rufs zum Vorschein kommen. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Verbrennen von Holz. So lange durch die bei seiner Verbrennung entstehende Hitze aus seiner inneren Masse noch brennbare Gase entwickelt werden, brennt es mit Flamme; sobald diefs aufgehört hat, brennt der noch übrig gebliebene Kohlenstoffgehalt als Kohle nur glimmend und ohne Flamme weiter, und zuletzt bleiben seine fremden unorganischen Bestandtheile als Asche übrig. Rauch und Rufs, beim Verbrennen von Holz, enthalten Kohle und neu gebildete organische Zersetzungsproducte und sind nur Folge einer unvollständig geschehenden Verbrennung.

Die beim Verbrennen von Holz, Steinkohlen und Holzkohlen entwickelte Hitze wenden wir an zum Heizen der Wohnungen, zum Kochen von Flüssigkeiten, zum Erhitzen und Glühen fester Körper, zum Schmelzen der Metalle etc., und nach diesen verschiedenen Endzwecken bekommen die dazu dienenden Feuerungen, Oefen, Stubenöfen, Schmelzöfen, verschiedene Einrichtungen, die alle darin übereinkommen, dafs sie die Hervorbringung eines mehr oder weniger starken Zugs, das heifst einer mehr oder weniger raschen Abführung der verdorbenen Luft und Zuführung von reiner Luft bezwecken.

Brennende Substanzen verlöschen nicht allein durch mangelnden Zutritt der Luft, sondern auch durch Abkühlung, d. h. Entziehung der zu ihrer Verbrennung erforderlichen Temperatur; daher Auslöschen von Feuer durch Wasser, Verlöschen von Kohlen auf kaltem Eisen, Verlöschen des brennenden Eisens in der Luft, deren Stickgas ihm die nöthige Wärme

entzieht; gehemmte Fortpflanzung der Entzündung von brennbaren Gasen durch abkühlende Drahtgewebe, worauf Davy's Sicherheitslampe gegründet ist.

Wenn Feuer in einem abgeschlossenen Raume von Luft gebrannt hat, oder wenn viele Menschen in einem kleinen Raume von Luft gelebt haben, so wird sie verdorben, d. h. zum Einathmen beschwerlich, oder selbst zum Leben ganz untauglich. Es rührt diefs theils her von Mangel an Sauerstoff, theils von der beim Athmen und beim Verbrennen entstandenen Kohlensäure, dem Wasserdunst und vielleicht sehr geringen Mengen noch anderer, bis jetzt unbekannter Stoffe, die nun der Luft beigemengt sind.

---

## I. Sauerstoffsäuren und Oxyde.

Die meisten Verbindungen der Metalloïde mit Sauerstoff sind *Säuren*. Die Säuren haben folgende allgemeine Eigenschaften: 1) einen sauren Geschmack; 2) die Eigenschaft, blaue Pflanzenfarben, besonders Lackmus, roth zu färben, und 3) die Eigenschaft, sich mit den nicht sauren oder basischen Oxyden zu Salzen zu verbinden. Die letztere ist die eigentlich characterisirende, denn die beiden ersteren können oft ganz fehlen, wie z. B. bei der Kieselsäure, und fehlen auch immer, wenn die Säure in Wasser unlöslich ist.

Der Körper, welcher mit dem Sauerstoff eine Säure bildet, heifst das ***Radical*** der Säure. Hiernach gibt es zwei Klassen von Sauerstoffsäuren: Säuren mit einfachem, und Säuren mit zusammengesetztem Radical. Die ersteren sind die von den Metalloïden und einigen Metallen gebildeten; z. B. Schwefelsäure, Phosphorsäure. Zu den Säuren mit zusammengesetztem Radical gehört die Cyansäure; die grofse Anzahl der übrigen aber sind organischen Ursprungs, und bestehen aus Sauerstoff, verbunden mit einem aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzten Radical, z. B. Essigsäure, Citronensäure und alle übrigen sogenannten Pflanzensäuren.

Die meisten Säuren sind in dem Zustand, worin man

sie gewöhnlich erhält und anwendet, mit einer bestimmten Proportion Wasser chemisch verbunden, welches sich nicht abscheiden läfst, ohne dafs man die Säure mit einem anderen Oxyd verbindet, und ohne welches die Säure in der Regel Verbindungen nicht eingeht. Manche Säuren sind gar nicht in wasserfreiem Zustand darstellbar. Die mit Wasser verbundenen Säuren nennt man *wasserhaltige*, und dieser fixe Wassergehalt, welcher hier ein mit der Säure verbundenes basisches Oxyd vorstellt, ist nicht zu verwechseln mit dem Wasser, womit man jede Säure in willkührlichem Verhältnifs blofs vermischen, verdünnen, und welches man beliebig wieder davon abscheiden kann.

Wenn sich die Säuren mit Basen zu Salzen verbinden, so nimmt jede Basis auf jedes Atom Sauerstoff, welches sie enthält, in den meisten Fällen ein Atom Säure auf. In der Regel verbindet sich also ein Atom Säure mit einem Atom Basis. Unter *Sättigungsvermögen* einer Säure versteht man die Zahl, welche die Sauerstoffmenge einer Quantität Basis anzeigt, die zur Sättigung von hundert Gewichtstheilen einer Säure erforderlich ist. So ist z. B. das Sättigungsvermögen der Schwefelsäure, da sie 3 Atome Sauerstoff enthält, = 20 oder $\frac{1}{3}$ von ihrem Sauerstoffgehalt, das der Salpetersäure, da sie 5 Atome Sauerstoff enthält, = 14,75 oder $\frac{1}{5}$ von ihrem Sauerstoffgehalt. Der Sauerstoffgehalt der verschiedenen Quantitäten verschiedener Basen, welche einerlei Gewicht einer Säure neutralisiren, ist also bei allen gleich grofs. Aus dem Sättigungsvermögen einer Säure läfst sich der Sauerstoffgehalt einer Base berechnen, wenn derselbe auf directem Wege nicht gefunden werden kann.

Ein und derselbe Körper kann oft mit ungleichen Mengen von Sauerstoff mehrere Säuren bilden. Die Benennungsweise für solche verschiedene Säurestufen ist noch nicht allgemein gleich; sie ergiebt sich für die einzelnen Säuren aus dem Folgenden.

## Sauerstoffsäuren mit einfachem Radical.

### I. Säuren des Schwefels.

Der Schwefel verbindet sich in acht Verhältnissen mit dem Sauerstoff, und bildet mit ihm acht Säuren, die nach

der Anzahl der Radical-Atome in zwei *Monothionsäuren*, zwei *Dithionsäuren*, eine *Trithionsäure*, eine *Tetrathionsäure* und zwei *Pentathionsäuren* eingetheilt werden. Es ist noch ungewifs, wie eigentlich die 6 Säuren mit mehr als 1 Atom Schwefel zusammengesetzt zu betrachten sind.

### 1. Schwefelsäure (Monothionsäure).

Kommt natürlich vor in grofser Menge, jedoch nur gebunden an Basen, z. B. im Gyps, Schwerspath, den Vitriolen u. a. Wird, wegen ihrer wichtigen Anwendungen in den Gewerben, in aufserordentlicher Menge fabricirt; ist die stärkste aller Säuren, dient daher auch zur Darstellung der meisten übrigen.

Die Schwefelsäure wird auf zweierlei Weise gewonnen, wodurch zweierlei Sorten davon erhalten werden: die rauchende und die nicht rauchende.

*a*) *Rauchende Schwefelsäure*, Nordhäuser Vitriolöl.

*Gewinnung*. Durch Destillation des Eisenvitriols, nachdem er vorher an der Luft erhitzt (calcinirt) worden, um sein Oxydul theilweise in Oxyd zu verwandeln und einen Theil des Krystallwassers auszutreiben.

*Eigenschaften*. Dunkelbraune Flüssigkeit von 1,9 specifischem Gewicht, raucht stark an der Luft. Sie ist eine Auflösung von wasserfreier Schwefelsäure in wasserhaltiger, welche erstere, als sehr flüchtig, beständig davon abzudunsten strebt und mit der Feuchtigkeit der Luft den Rauch (wasserhaltige Säure) bildet. Bis zu 0° abgekühlt, setzt sie Krystalle ab, die eine Verbindung von 2 Atomen Schwefelsäure mit 1 Atom Wasser sind, und sich beim Erwärmen in gewöhnliche wasserhaltige und in wasserfreie Säure zerlegen.

*Wasserfreie Schwefelsäure* wird erhalten durch gelindes Erhitzen der rauchenden in einer Retorte mit Vorlage. Die wasserfreie Säure destillirt als farblose Flüssigkeit über, die in der abgekühlten Vorlage zu einem festen, schneeweifsen, aus höchst feinen, seideartigen Krystallnadeln bestehenden Körper erstarrt. In der Retorte bleibt nichtrauchende, wasserhaltige Säure zurück. — Die wasserfreie Säure verbreitet in der Luft dicke, weifse Dämpfe und

zerfliefst bald zu wasserhaltiger. Bei gelindem Erwärmen schmilzt sie und verflüchtigt sich sehr leicht. In Wasser geworfen, erhitzt sie sich damit bis zu Explosionen. In Gasform durch eine glühende Röhre geleitet, wird sie in Sauerstoffgas und schwefligsaures Gas verwandelt, deren Volumina sich wie 1 : 2 verhalten. Kalkerde, in ihrem Gas erhitzt, saugt es unter Erglühung ein und verwandelt sich in Gyps (schwefelsaure Kalkerde). Sie vereinigt sich mit Schwefel und bildet damit, je nach seiner Menge, eine braune, grüne oder blaue Flüssigkeit.

*b*) *Wasserhaltige Schwefelsäure*, englische oder gewöhnliche Schwefelsäure, Vitriolöl; die gewöhnlichste Form, in der die Schwefelsäure angewendet und in allen Ländern fabricirt wird.

*Eigenschaften.* Farblose, dickflüssige, ölartige, nicht rauchende Flüssigkeit von 1,85 spec. Gewicht, ohne Geruch. Kocht erst bei + 326°, und erstarrt bei — 34°. Zerstört die meisten Pflanzen- und Thierstoffe, schwärzt sie oder löst sie auf, daher die Gefahr, wenn diese Säure auf die Haut oder Kleider verschüttet wird, daher das Schwarzwerden der Säure durch hineingefallenen Kork oder Staub.

Aus der Luft zieht sie schnell Wasser an, was nach längerer Zeit bis zum Vielfachen ihres Gewichtes gehen kann. Erhitzt sich sehr stark beim Vermischen mit Wasser, bis zum Aufkochen und Umherspritzen, was von der chemischen Vereinigung der Säure mit neuen Antheilen Wassers herrührt. Bei Vermischung von 100 Theilen Säure mit 18,3 Theilen Wasser (d. h. eben so viel, als sie schon enthält) entsteht eine Säure von 1,78 spec. Gewicht, die bei + 4° zu farblosen Krystallen erstarrt.

In dem Grade, als man die Säure mit Wasser vermischt, vermindert sich ihr spec. Gewicht und sinkt ihr Kochpunkt. Aber alles zugesetzte Wasser kann wieder durch Erwärmung abgedunstet werden, bis die Säure wieder 1,85 spec. Gewicht erlangt und ihr Kochpunkt sich bis + 326° erhöht hat, wo sie alsdann mit ihrem chemisch gebundenen Wasser überdestillirt, von dem sie nicht auf unmittelbarem Wege zu trennen ist.

Die wasserhaltige Schwefelsäure besteht aus:

| | | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|
| 1 Atom Schwefelsäure | = | 500,75 | 81,7 |
| 1 Atom Wasser | = | 112,48 | 18,3 |
| 1 Atom wasserhaltiger Schwefelsäure | = | 613,23 | 100,0. |

Die wasserfreie Schwefelsäure besteht aus:

| | | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|
| 1 Atom Schwefel | = | 200,75 | 40,1 |
| 3 Atomen Sauerstoff | = | 300,00 | 59,9 |
| Atomgew. der Schwefelsäure, $=\dddot{S}$. | = | 500,75 | 100,0. |

In Gasform gedacht, besteht sie aus 2 Maafs schwefligsaurem Gas und 1 Maafs Sauerstoffgas.

In den neutralen schwefelsauren Salzen enthält die Säure 3mal so viel Sauerstoff als die Basis.

*Gewinnung der wasserhaltigen Schwefelsäure.* Durch Verbrennung von Schwefel in der Luft, und Umwandlung der so gebildeten schwefligen Säure in Schwefelsäure, dadurch, dafs man mit ersterer salpetrige Säure in Berührung bringt, die einen Theil ihres Sauerstoffs an die schweflige Säure abgiebt (s. Stickoxydgas).

## 2. Schweflige Säure (Monothionige Säure).

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, von dem erstickenden Geruch des verbrennenden Schwefels. Specifisches Gewicht 2,247. Wird durch Druck oder eine Kälte von —20° tropfbarflüssig; bildet alsdann eine dünne, farblose, bei —10° kochende Flüssigkeit, die bei dieser Verdunstung eine Kälte von —50° bis 60° hervorbringt. Bei —75° wird sie fest, krystallinisch.

Das schwefligsaure Gas wird selbst in der stärksten Glühhitze nicht zersetzt, und oxydirt sich, mit trocknem Sauerstoffgas gemengt, nicht höher, ausgenommen in Berührung mit erwärmtem schwammigen Platin, welches sogleich die Vereinigung zu wasserfreier Schwefelsäure veranlafst. Von braunem Bleisuperoxyd wird das Gas sogleich aufgenommen, das Superoxyd wird darin von selbst glühend und verwandelt sich in weifses *schwefelsaures* Bleioxyd.

Es wird in bedeutender Menge von Wasser absorbirt, und

diese Auflösung hat einen eigenen widrigen Geschmack und in hohem Grade den Geruch von verbrennendem Schwefel.

Die schweflige Säure hat die Eigenschaft, gewisse gefärbte Pflanzen- und Thierstoffe zu bleichen, daher die Anwendung des von verbrennendem Schwefel sich entwickelnden Gases zum Bleichen in der Seiden- und Wollenfärberei (Schwefeln).

*Darstellung.* 1) Durch Verbrennen des Schwefels in der Luft oder in reinem Sauerstoffgas, wobei dieses seinen Umfang etwas vermindert. 2) Durch Erhitzen eines Gemenges von Kupferoxyd mit Schwefel. 3) Durch Erhitzen von Schwefelsäure mit Kupfer, welches dadurch in schwefelsaures Salz, oder mit Kohle, welche dadurch in Kohlensäure verwandelt wird.

Die schweflige Säure besteht aus 1 Atom Schwefel und 2 Atomen Sauerstoff, $= \ddot{S}$. Ihr Atomgew. ist also $= 400{,}75$. In ihren Salzen enthält die Basis halb so viel Sauerstoff als die Säure. Sie ist eine der schwächsten Säuren.

### 3. Unterschwefelsäure (Dithionsäure).

*Eigenschaften.* Nur in wasserhaltigem Zustande bekannt, als geruchlose, saure Flüssigkeit, die sich beim Erhitzen in schweflige Säure und Schwefelsäure zersetzt. Sie ist so zusammengesetzt, dafs man sie betrachten kann als eine Verbindung von 1 Atom Schwefelsäure mit 1 Atom schwefliger Säure, d. h. sie besteht aus 2 Atomen Schwefel und 5 Atomen Sauerstoff, $= S^2 O^5$, und in ihren neutralen Salzen enthält sie 5mal den Sauerstoff der Basis.

*Bildung.* Die Unterschwefelsäure entsteht, wenn man schwefligsaures Gas in mit Wasser angerührtes Pulver von Mangansuperoxyd leitet, wobei 1 Atom des letzteren 2 Atome schweflige Säure aufnimmt, und damit unterschwefelsaures Manganoxydul bildet, welches sich im Wasser auflöst.

### 4. Unterschweflige Säure (Dithionige Säure).

Nur in Verbindung mit Oxyden bekannt; davon abgeschieden, sich sogleich in Schwefel und schweflige Säure zersetzend. Entsteht, wenn sich Zink in wäfsriger schwefli-

ger Säure auflöst, was ohne Gasentwickelung geschieht, indem von 3 Atomen schwefliger Säure $\frac{1}{3}$ des Sauerstoffs an 2 Atome Zink tritt, wodurch 1 Atom unterschwefligsaures und 1 Atom schwefligsaures Zinkoxyd entsteht.

Die unterschweflige Säure besteht aus 2 Atomen Schwefel und 2 Atomen Sauerstoff, $= S^2 O^2$. Denn in ihren Salzen enthält die Basis halb so viel Sauerstoff als die Säure.

### 5., 6., 7. u. 8. Trithion-, Tetrathion- u. Pentathionsäure.

Die *Trithionsäure*, $= S^3 O^5$, entsteht, wenn man eine gesättigte Auflösung von dithionsaurem Kali mit Schwefelpulver digerirt, welches erstere dadurch in krystallisirbares trithionsaures Kali verwandelt wird. Die *Tetrathionsäure*, $= S^4 O^5$, entsteht, wenn in einer Auflösung von unterschwefligsaurem Natron Jod bis zur Sättigung aufgelöst wird. Zwei Atomgewichte Salz bilden 1 Atomgewicht Jodnatrium und 1 Atom tetrathionsaures Natron. Die *Pentathionsäure*, $= S^5 O^5$, bildet sich, unter Abscheidung von Schwefel, wenn man in eine gesättigte Lösung von schwefliger Säure in Wasser Schwefelwasserstoffgas leitet. Eine zweite Pentathionsäure, $= C^5 O^6$, entsteht, unter gleichzeitiger Bildung von Chlorwasserstoff, wenn Schwefelchlorid, $S Cl$, in mit schwefliger Säure gesättigtem Wasser aufgelöst wird.

## II. Säuren des Selens und Tellurs.

Von diesen Körpern sind nur zwei Säurestufen bekannt, proportional der Schwefelsäure und der schwefligen Säure.

Die *Selensäure*, $\dddot{Se}$, ist in wasserhaltigem Zustand eine, der concentrirten Schwefelsäure sehr ähnliche, scharf saure, schwere Flüssigkeit. Ihre Salze sind isomorph mit den entsprechenden schwefelsauren. Sie wird nicht durch schweflige Säure zersetzt. Durch Erhitzen mit Chlorwasserstoffsäure verwandelt sie sich, unter Entwickelung von Chlor, in selenige Säure.

Die *selenige Säure*, $\ddot{Se}$, entsteht beim Verbrennen des Selens in der Luft oder durch Auflösen desselben in Salpetersäure. Sie krystallisirt in farblosen, sublimirbaren Prismen und ist in Wasser löslich. In dieser Lösung wird sie

durch schweflige Säure zersetzt unter Abscheidung von zinnoberrothem Selen.

Die *Tellursäure*, $\dddot{Te}$, wird in zweierlei Zuständen erhalten; in dem einen ist sie in Wasser löslich, krystallisirbar, in dem anderen bildet sie eine gelbe, in Wasser unlösliche Masse.

Die *tellurige Säure*, $\ddot{Te}$, entsteht beim Verbrennen des Tellurs an der Luft. Sie ist farblos, in Wasser unlöslich, leicht schmelzbar. Aus ihrer Lösung in Chlorwasserstoffsäure fällt schweflige Säure das Tellur als ein dunkelgraues Pulver.

## III. Säuren und Oxyde des Stickstoffs.

Der Stickstoff verbindet sich in vier Verhältnissen mit dem Sauerstoff, und gibt damit 2 Säuren, *Salpetersäure* und *salpetrige Säure*, und 2 gasförmige nicht saure Oxyde, *Stickoxydgas* und *Stickoxydulgas*, in denen sich die Sauerstoffvolumen verhalten wie 5, 3, 2, 1.

### 1. Salpetersäure.

*Eigenschaften.* Nicht in freiem Zustande bekannt, nur in wasserhaltigem. Farblose, eigenthümlich riechende, höchst ätzende, rauchende Flüssigkeit, von 1,521 spec. Gewicht. Färbt die Haut gelb, zerstört alle organische Stoffe und kocht bei $+86°$. Sie enthält 14,25 Procent Wasser $=1$ Atom. Sie zieht Wasser aus der Luft an, und ist in allen Verhältnissen mit Wasser mischbar, wodurch sich ihr Kochpunkt erhöht. Bei $+120°$ Kochpunkt enthält sie 5 Atome Wasser auf 1 Atom Säure.

Die Salpetersäure ist eine der stärksten Säuren, sie ist aber sehr leicht zersetzbar. Versucht man, ihr das Wasser zu entziehen, z. B. durch concentrirte Schwefelsäure, so zerfällt sie in Sauerstoffgas und gelbrothe Dämpfe von salpetriger Säure. Eben so wirkt das Sonnenlicht, jedoch nur allmählig, weshalb die farblose Säure im Sonnenschein gelb wird. In starker Glühhitze wird sie in Sauerstoffgas und Stickgas zerlegt. Auf dieser leichten Zersetzbarkeit beruht ferner ihr Vermögen, die meisten oxydirbaren Körper zu

oxydiren, z. B. Phosphor und Schwefel in Phosphorsäure und Schwefelsäure zu verwandeln, und viele Metalle aufzulösen, daher ihre häufige Anwendung zur Oxydation der Körper auf nassem Wege. Durch Abtretung eines Theils ihres Sauerstoffs an Metalle wird sie meistens zu Stickoxydgas reducirt, welches in Gasform weggeht, während sich die gebildeten Metalloxyde in einem anderen Theil unzersetzter Säure zu einem Salz auflösen.

Die Salpetersäure besteht aus:

| | | In 100 Th. |
|---|---|---|
| 1 Aequival. Stickstoff | = 175,06 | 26,15 |
| 5 Atomen Sauerstoff | = 500,00 | 73,85 |
| Atomgew. der Salpetersäure, = $\overset{\therefore}{\bar{\mathrm{N}}}$, | = 675,06 | 100,00. |

In den neutralen salpetersauren Salzen enthält also die Säure 5mal den Sauerstoff der Basis.

*Darstellung.* Durch Destillation von 1 Atomgewicht oder 100 Theilen Salpeter (salpetersaurem Kaliumoxyd) mit 2 Atomgew. oder 97 Theilen concentrirter Schwefelsäure; daher ihr Name. Die erhaltene Säure ist farblos oder schwach gelb gefärbt, und hat die übrigen oben angeführten Eigenschaften. Der Rückstand in der Retorte ist saures oder zweifach schwefelsaures Kali, weil 97 Theile Schwefelsäure doppelt so viel betragen, als zur Sättigung des Kaliumoxyds im Salpeter, d. h. zur Bildung von einfach schwefelsaurem Kaliumoxyd erforderlich ist. Dennoch ist dieses Verhältniſs nothwendig zur Gewinnung einer so beschaffenen Säure. Denn nimmt man nur 1 Atomgewicht oder 48½ Th. Schwefelsäure, so bleibt anfangs die Hälfte des Salpeters unzersetzt, indem sämmtliche Schwefelsäure mit dem Kaliumoxyd der anderen Hälfte saures Salz bildet, dessen freie Säure erst bei so hoher Temperatur auf den noch unzersetzten Salpeter wirkt, daſs dabei ein groſser Theil der Salpetersäure in Sauerstoffgas und salpetrige Säure zerfällt, welche letztere mit der Salpetersäure verbunden bleibt und sie dunkel rothgelb färbt. Diese gefärbte Säure stöſst rothgelbe Dämpfe aus und wird beim Vermischen mit Wasser grün, blau und

farblos. Durch Kochen kann die salpetrige Säure ausgetrieben werden.

Das *Scheidewasser* ist eine unreine und verdünnte Salpetersäure.

Die Salpetersäure hat bedeutende Anwendung in Künsten und Gewerben, und wird daher fabrikmäfsig gewonnen.

## 2. Salpetrige Säure.

*Eigenschaften.* Dunkelgrüne, höchst flüchtige Flüssigkeit; bildet ein tief gelbrothes Gas, von eigenem Geruch, welches, mit permanenten Gasen vermischt, nur sehr schwer wieder zu verdichten ist. Zersetzt sich mit Wasser theilweise in Stickoxydgas und Salpetersäure. Ebenso in Berührung mit Salzbasen. Die salpetrigsauren Salze können indessen durch Glühen von gewissen salpetersauren Salzen erhalten werden, z. B. durch gelindes Glühen von Salpeter, der sich dabei, unter Entwickelung von Sauerstoffgas, in salpetrigsaures Kali verwandelt.

*Bildung.* Die salpetrige Säure entsteht bei Zersetzung der Salpetersäure im Sonnenlicht und in höherer Temperatur, beim Vermischen von Stickoxydgas mit Sauerstoffgas; in allen diesen Fällen aber verbunden mit Salpetersäure oder vermischt mit salpetersaurem Stickoxyd. Am reinsten erhält man sie noch durch Destillation von Stärke mit Salpetersäure und starke Abkühlung des sich entwickelnden, durch Chlorcalcium getrockneten rothen Dampfes.

Das Atomgewicht der salpetrigen Säure ist 475,06. Sie besteht aus 1 Aequival. Stickstoff und 3 Atomen Sauerstoff, $= \dddot{N}$.

## 3. Stickoxydgas

*Darstellung.* Durch Auflösen von Kupfer in Salpetersäure, wobei $\frac{1}{4}$ der Säure, unter Oxydation des Metalls, in Stickoxydgas verwandelt wird.

*Eigenschaften.* Farbloses, in Wasser wenig lösliches Gas; ausgezeichnet durch die Eigenschaft, in der Luft oder mit reinem Sauerstoffgas einen dunkel gelbrothen Dampf zu bilden, sich also schon durch unmittelbare Berührung und

bei gewöhnlicher Temperatur höher zu oxydiren. Nicht condensirbar.

Angezündete Kohle und brennender Phosphor fahren im Stickoxydgas zu brennen fort, fast so lebhaft wie in Sauerstoffgas.

Gewisse Metalle, in diesem Gas erhitzt, oxydiren sich und lassen ein halbes Maafs Stickgas zurück.

Das Stickoxydgas besteht aus:

| | Maafs. | Spec. Gewicht. |
|---|---|---|
| Stickgas | $\frac{1}{2}$ | 0,4880 |
| Sauerstoffgas | $\frac{1}{2}$ | 0,5513 |
| Stickoxydgas | 1 | 1,0393. |

Oder aus einem Aequivalent Stickstoff und 2 Atomen Sauerstoff, $= \ddot{N}$.

Auf dieser Eigenschaft des Stickoxydgases, sich mit Luft höher zu oxydiren, und auf der oxydirenden Wirkung, den der so entstehende rothe Dampf auf feuchte schweflige Säure ausübt, beruht seine Anwendung bei der Fabrication der Schwefelsäure. Es wird hierbei ein Gemenge von Schwefel mit $\frac{1}{8}$ Salpeter verbrannt, und das hierdurch entstehende Gasgemenge von schwefligsaurem Gas und Stickoxydgas in die feuchte Luft der Bleihäuser geleitet; hier verwandelt sich das Stickoxydgas in rothe Dämpfe, und diese oxydiren nun das feuchte schwefligsaure Gas zu Schwefelsäure, die sich in dem vorhandenen Wasser auflöst. Nach einem anderen Verfahren werden mit dem schwefligsauren Gas Dämpfe von Salpetersäure in die Bleihäuser geleitet. Von der noch sehr verdünnten Säure wird nachher das überschüssige Wasser abgedampft.

Vermischt man 2 Maafstheile Stickoxydgas mit 1 M. Sauerstoffgas, so vereinigen sie sich zu einem tief rothgelben Dampf, der sich bei starker Abkühlung zu farblosen Krystallen verdichtet. Dieser Körper ist eine Verbindung von 1 At. Stickoxyd mit 2 At. Salpetersäure, er schmilzt bei $-9°$ und bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine röthlichgelbe Flüssigkeit, die bei $+22°$ siedet. Dieselbe Verbindung erhält man, wenn man die rothe rauchende Salpe-

tersäure bei sehr gelinder Wärme der Destillation unterwirft, wobei farblose Salpetersäure zurückbleibt.

Diese rothe rauchende Säure entsteht auch, wenn man in concentrirte Salpetersäure Stickoxydgas leitet.

Das Stickoxydgas verbindet sich auch mit anderen Säuren, namentlich mit wasserhaltiger Schwefelsäure. Die Verbindung ist eine farblose, krystallinische, sehr leicht schmelzbare Masse, die sich mit Wasser, unter Entwickelung von Stickoxydgas, zersetzt. Bildet sich durch gleichzeitiges Einleiten von Stickoxydgas und Sauerstoffgas in Schwefelsäure, oder durch Vermischen von Stickoxydgas und schwefligsaurem Gas mit feuchter Luft.

### 4. Stickoxydulgas.

*Eigenschaften.* Farbloses, schwach riechendes Gas, von 1,527 spec. Gewicht, in geringer Menge in Wasser löslich; verwandelt sich durch einen Druck von 50 Atmosphären in eine tropfbare Flüssigkeit, die beim Verdunsten sich bis —105° abkühlt und dabei krystallinisch erstarrt. Bildet mit Sauerstoff keine rothen Dämpfe. Brennbare Körper, wie Kohle, Phosphor, Eisen, ein Spahn, angezündet hineingebracht, brennen darin mit einem ähnlichen Glanz wie in Sauerstoffgas. Wasserstoffgas damit gemengt und angezündet, verbrennt mit Knall. — Wirkt beim Einathmen eigenthümlich berauschend.

*Entzieht* man dem Stickoxydulgas durch erhitzte oxydirbare Körper den Sauerstoff, so bleibt Stickgas von unverändertem Volumen zurück. Ein Maafs Stickoxydulgas besteht aus:

| | Maafs. | Spec. Gewicht. |
|---|---|---|
| Stickgas | 1,0 | 0,976 |
| Sauerstoffgas | 0,5 | 0,551 |
| Stickoxydulgas | 1,0 | 1,527. |

Oder aus 1 Aequivalent Stickstoff und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{N}$.

*Bildung.* Man entzieht dem Stickoxydgas Sauerstoff, z. B. durch eine Auflösung von schwefligsaurem Kali. Am besten erhält man es durch Erhitzen von salpetersaurem Am-

moniak, einem krystallisirten Salz, welches sich hierbei in Stickoxydulgas und Wasser zersetzt. Dieses Salz besteht nämlich aus 1 Aeq. Salpetersäure, 1 Aeq. Ammoniak (=1 Aeq. Stickstoff +3 Aeq. Wasserstoff) und 1 Aeq. Wasser.

## IV. Säuren des Phosphors.

Der Phosphor bildet 3 Säuren: *Phosphorsäure*, *phosphorige* und *unterphosphorige Säure*, und ein Oxyd.

### 1. Phosphorsäure.

*Darstellung.* 1) Durch Verbrennen von Phosphor in der Luft oder in Sauerstoffgas. 2) Durch Auflösen von Phosphor in verdünnter heifser Salpetersäure und Abdampfen. 3) Durch Auflösen des festen Chlorphosphors in Wasser und Abdampfen. 4) Am vortheilhaftesten aus weifsgebrannten Knochen (phosphorsaurem Kalk); 3 Theile davon werden, als feines Pulver, mit 2 Theilen Schwefelsäure, die mit 10 Theilen Wassers verdünnt ist, angerührt und mehrere Tage lang erwärmt, die saure Flüssigkeit dann vom gebildeten Gyps abgeseiht, abgedampft, die Masse gelinde geglüht, das Glas in heifsem Wasser gelöst, wieder abgedampft, die Masse längere Zeit bis ungefähr 320° erhitzt, und dann wieder in Wasser aufgelöst, durch welche Operationen zuerst die überschüssige Schwefelsäure verflüchtigt, zuletzt noch phosphorsaure Talkerde unlöslich abgeschieden wird.

*Eigenschaften.* Die beim Verbrennen von Phosphor gebildete wasserfreie Säure ist eine weifse, lockere Substanz, die in der Glühhitze, ohne sich zu verflüchtigen, zu einem farblosen, durchsichtigen Glase schmilzt. In der Luft zerfliefst sie, und in Wasser löst sie sich unter Erhitzung auf.

Die auf nassem Wege erhaltene Säure bildet nach dem Abdampfen bis zu einem gewissen Grade eine syrupdicke, sehr saure Flüssigkeit, welche nach weiterem Abdampfen eine *wasserhaltige* Säure zurückläfst, die beim Erkalten zu einer durchsichtigen Masse erstarrt und nur schwer in Krystallen zu erhalten ist. In Wasser vollständig löslich; die Lösung hat einen stark und rein sauren Geschmack.

War die Säure nicht rein, enthält sie, wie es z. B. nach dem Schmelzen in Thon- oder Glasgefäfsen der Fall ist, welche davon angegriffen werden, fremde Substanzen aufgelöst, oder ist sie, wie es besonders bei der aus den Knochen bereiteten der Fall sein kann, kalk- oder talkerdehaltig, so ist sie nach dem Schmelzen zu Glas nicht mehr oder nur theilweise in Wasser auflöslich.

Die Phosphorsäure wird auf nassem Wege von Salpetersäure und Schwefelsäure aus ihren Verbindungen mit Basen ausgeschieden; aber in der Glühhitze treibt sie selbst die Schwefelsäure aus.

Die Phosphorsäure besteht aus 1 Aequiv. Phosphor und 5 Atomen Sauerstoff. Ihr Atom, $=\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, wiegt 892,04.

Bei der Phosphorsäure findet der auffallende Umstand statt, dafs sie in dreierlei Modificationen erhalten wird, die durch die ungleichen Quantitäten von Basen, die sie aufnehmen, von einander unterschieden sind. Man kann diese drei Arten durch Hinzufügung von Buchstaben unterscheiden.

[a]*Phosphorsäure*, ist die beim Verbrennen des Phosphors entstehende geglühte Säure. Ihre Salze enthalten auf ein Atom Säure nur 1 Atom Basis. Die Auflösung der Säure wird durch Barytwasser und Eiweifs gefällt.

[b]*Phosphorsäure*, entsteht durch Glühen von [c]phosphorsaurem Natron ($\dot{Na}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}+\dot{H}$). Ihre Salze enthalten 2 Atome Basis. Sie wird nicht durch Eiweifs oder Barytwasser gefällt. Gibt mit Silberoxyd ein unlösliches weifses Salz ($\dot{Ag}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$).

[c]*Phosphorsäure*, ist die gewöhnliche, auf dem nassen Wege gebildete Säure. Ihre Salze, die durch unmittelbare Sättigung entstehen, enthalten auf 1 Atom Säure 3 Atome Basis, wovon das eine Atom oft durch 1 Atom Wasser ersetzt wird. Fällt nicht Eiweifs oder Barytwasser. Gibt mit Silber ein unlösliches gelbes Salz ($\dot{Ag}^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$). — Die Auflösung der [a] und [b]Phosphorsäure in Wasser geht bald in [c]Phosphorsäure über. (Siehe ferner phosphorsaures Natron).

### 2. Phosphorige Säure.

*Eigenschaften.* Im wasserfreien Zustande weifse, pulverförmige, sublimirbare Substanz, die sich an der Luft von selbst entzündet und zu Phosphorsäure verbrennt.

Die wasserhaltige phosphorige Säure ist eine dicke, saure Flüssigkeit, die beim langsamen Verdunsten in Krystallen anschiefst. Beim Erhitzen läfst sie ihr Wasser nicht entweichen, sondern zersetzt sich damit in Phosphorsäure und weggehendes Phosphorwasserstoffgas. An der Luft oxydirt sie sich höher zu Phosphorsäure; eben so auf Kosten von manchen Metalloxyden, die dabei zu Metall reducirt werden.

*Bildung.* Durch Verbrennung von Phosphor bei unvollständigem Luftzutritt. Wenn Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur der Luft ausgesetzt wird, so entsteht, unter schwachem Leuchten desselben, wasserhaltige, phosphorige Säure, die als saure Flüssigkeit gesammelt werden kann. Am besten erhält man sie durch Zersetzung des flüssigen Chlorphosphors mit Wasser.

Das Atomgewicht der phosphorigen Säure ist 692,04. Sie besteht aus 1 Aequiv. Phosphor und 3 Atomen Sauerstoff, $= \dddot{P}$.

### 3. Unterphosphorige Säure.

Sie entsteht, unter gleichzeitiger Bildung von Phosphorwasserstoffgas, wenn man Phosphorbarium mit Wasser kocht. Sie ist nur in wasserhaltigem Zustand als eine syrupdicke, saure Flüssigkeit bekannt. Zerfällt beim Erhitzen in Phosphor, Phosphorwasserstoffgas und Phosphorsäure. — Besteht aus 1 Aequiv. Phosphor und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{P}$.

### 4. Phosphoroxyd.

Rother, nicht schmelzbarer Körper. Zersetzt sich beim Glühen in Phosphor und Phosphorsäure. Verbrennt beim Erhitzen in der Luft. — Bildet sich in geringer Menge beim Verbrennen von Phosphor in der Luft; in gröfserer Menge, wenn man durch Einleiten von Sauerstoffgas geschmolzenen Phosphor unter Wasser verbrennt. Zusammensetzung $= P^2 O$.

zersetzt, die sich als weifses Pulver und verbunden mit Wasser abscheidet. Ferner durch Auflösen von Antimon in einem Gemische von Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure, so wie durch Verbrennen von Antimon mit schmelzendem Salpeter, in welchem letzteren Fall antimonsaures Salz entsteht.

*Eigenschaften.* Die wasserhaltige Säure ist ein weifses, geschmackloses Pulver, verliert beim Erhitzen das Wasser. Die wasserfreie Säure ist blafsgelb, entwickelt beim Glühen Sauerstoffgas und verwandelt sich in eine weifse, unschmelzbare Verbindung von Antimonsäure mit antimoniger Säure $= \overset{\cdot\cdot\cdot}{Sb} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Sb}$ *). Die Antimonsäure ist auch in anderen Säuren unlöslich.

Das Atom der Antimonsäure $= \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Sb}$, wiegt **2112,90**. Sie ist eine sehr schwache Säure. Mehrere ihrer Salze werden beim Erhitzen plötzlich vorübergehend glühend, ohne Gewichtsveränderung, und werden nachher nicht mehr durch andere Säuren zersetzt.

## 2. Antimonige Säure (Antimonoxyd).

*Bildung.* Beim Verbrennen des Antimons in der Luft, wobei sich der entstehende Rauch zu glänzenden Krystallen von antimoniger Säure condensirt. Ferner durch Oxydation von Schwefelantimon mit Salpetersäure. Sie kommt als Mineral (Weifsspiefsglanzerz) vor.

*Eigenschaften.* Farblose, sehr glänzende Krystalle oder weifses Pulver, unlöslich in Wasser, geschmacklos. Bei abgehaltener Luft leicht schmelzbar, beim Erkalten krystallinisch erstarrend, in stärkerer Hitze flüchtig. In Salpetersäure unlöslich.

Ihr Atom $= \overset{\cdot\cdot\cdot}{Sb}$, wiegt 1912,90. Sie ist eine sehr schwache Säure; mit einigen starken Säuren geht sie Verbindungen ein, worin sie sich wie eine schwache Base verhält. Sie wirkt stark brechenerregend.

Die antimonige Säure ist löslich in starker Chlorwas-

---

*) Früher als eine eigenthümliche Oxydationsstufe $= \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{Sb}$ betrachtet und antimonige Säure genannt.

serstoffsäure. Durch Zink und Eisen wird daraus das Antimon gefällt unter gleichzeitiger Bildung von Antimonwassorstoffgas. Beim Vermischen mit Wasser gibt diese Auflösung einen dicken, weifsen Niederschlag (Algarothpulver), eine Verbindung von Antimonoxyd mit Chlorantimon. In trocknem Zustand ist es ein weifses, krystallinisches Pulver, welches beim Erhitzen in abdestillirendes wasserfreies Chlorantimon und zurückbleibendes, krystallisirendes Oxyd zerfällt. Die von seiner Bildung übrige Flüssigkeit ist eine Auflösung von Chlorantimon in Chlorwasserstoffsäure. In concentrirtem Zustand, als ein schweres, öliges, ätzendes Liquidum, erhält man sie auch durch Destillation von Antimonoxyd mit Kochsalz und concentrirter Schwefelsäure.

Das Verhalten des Antimonoxyds zu Schwefelwasserstoff siehe bei den Sulfiden des Antimons.

## VII. Säuren des Chlors.

Das Chlor kann sich in vier Verhältnissen mit Sauerstoff vereinigen. Keine dieser Verbindungen ist auf unmittelbare Weise hervorzubringen. Die meisten können aus der Chlorsäure hervorgebracht werden, die dadurch gebildet wird, dafs man Chlorgas in Wasser leitet, worin ein stark basisches Oxyd aufgelöst ist, z. B. Kali (Kaliumoxyd). Es bildet sich alsdann Chlorkalium und chlorsaures Kali, welches letztere wegen seiner Schwerlöslichkeit in glänzenden Krystallschuppen herauskrystallisirt. Hierbei werden $\frac{5}{6}$ des Kali's in Chlorkalium, und $\frac{1}{6}$ in chlorsaures Kali verwandelt.

Die Darstellung aller gasförmigen Oxydationsstufen des Chlors ist mit grofser Gefahr verbunden.

### 1. Ueberchlorsäure.

*Bildung*. Wenn chlorsaures Kali so lange geschmolzen wird, bis bei der Temperatur, wobei es zuerst mit Leichtigkeit Sauerstoffgas entwickelte, die Gasentwickelung sich sehr zu vermindern anfängt, so ist es in ein Gemenge von Chlorkalium mit ungefähr 45 Procent überchlorsaurem Kali verwandelt, die man durch Auflösen und Krystallisiren von

einander trennt. Durch Destillation des überchlorsauren Kali's mit grofsem Ueberschufs von concentrirter Schwefelsäure, oder durch Destillation der Chlorsäure für sich erhält man die Ueberchlorsäure.

*Eigenschaften.* Die wasserhaltige Säure ist eine farblose, saure Flüssigkeit von 1,65 spec. Gewicht. Siedet erst bei + 200°. Zieht begierig Feuchtigkeit an. Der Dampf der kochenden Säure entzündet hineingehaltenes Papier. Durch Destillation mit dem mehrfachen Gewichte von Schwefelsäure wird sie grofsentheils zersetzt in Chlor- und Sauerstoffgas, und zum Theil geht sie als wasserfreie Säure über, die rauchende, farblose, leicht schmelzbare Krystalle bildet.

Die Ueberchlorsäure ist eine sehr starke Säure. Sie besteht aus 1 Aequiv. Chlor und 7 Atomen Sauerstoff, $= \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\text{Cl}}$. Atomgewicht 1143,28.

## 2. Chlorsäure.

*Darstellung.* Durch Zersetzung von chlorsaurem Kali mit Kieselfluorwasserstoffsäure, wodurch sich unlösliches Kieselfluorkalium und in Wasser gelöste Chlorsäure bildet, die man durch freiwillige Verdunstung sich concentriren läfst.

*Eigenschaften.* Nur in wasserhaltigem Zustand bekannt. Syrupdicke, sehr saure, fast geruchlose Flüssigkeit. Zersetzt sich bei der Destillation in Chlorgas, Sauerstoffgas und Ueberchlorsäure. Verwandelt sich mit Chlorwasserstoffsäure in Wasser und Chlor. Entzündet Papier und Alkohol.

Kohle, Schwefel, Phosphor, leicht oxydirbare Metalle u. dergl. mit chlorsauren Salzen gemengt und erwärmt oder zusammen gerieben oder geschlagen, verbrennen und verknallen mit grofser Heftigkeit. Beim Erhitzen für sich entwickeln diese Salze viel Sauerstoffgas, indem sowohl der Sauerstoff der Säure, als der der Basis entweicht, und verwandeln sich in Chlormetalle. Hierauf beruht eine vortheilhafte Darstellungsweise des Sauerstoffgases aus chlorsaurem Kali, welches 39 Procent seines Gewichtes entwickelt.

Die Chlorsäure besteht aus 1 Aequiv. Chlor und 5 Atomen Sauerstoff, $= \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\text{Cl}}$. Atomgewicht 913,28.

### 3. Chlorige Säure.

*Darstellung.* Durch sehr vorsichtiges gelindes Erwärmen eines innigen Gemenges von chlorsaurem Kali und arseniger Säure mit verdünnter Salpetersäure.

*Eigenschaften.* Tief grüngelbes Gas, von sehr heftigem, chlorartigem Geruch, durch starke Abkühlung zum röthlichen Liquidum condensirbar. Zersetzt sich schon bei 57° unter Explosion in Chlorgas und Sauerstoffgas. Wasser absorbirt sein sechsfaches Volumen und färbt sich dadurch intensiv gelb.

Die chlorige Säure besteht aus 1 Aeq. Chlor und 3 Atomen Sauerstoff, $= \overset{\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}$. Atomgewicht $= 743{,}28$.

Destillirt man Stücke von geschmolzenem chlorsauren Kali und Schwefelsäure, was wegen Gefahr vor Explosion mit grofser Vorsicht geschehen mufs, so entsteht schwefelsaures und überchlorsaures Kali, und es entwickelt sich ein dunkelgelbes Gas von eigenthümlichem, chlorartigem Geruch. Durch starken Druck verwandelt es sich in eine gelbe Flüssigkeit. Beim Erwärmen explodirt es unter Feuererscheinung, wobei 2 Volumen des Gases 2 Volumen Sauerstoffgas und 1 Volumen Chlorgas geben. Es besteht also aus $\mathrm{Cl} + 4\mathrm{O}$, und ist entweder eine Verbindung von Chlorsäure mit chloriger Säure $= \overset{\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}$, oder von Chlorsäure mit einem für sich unbekannten Chloroxyd $= \ddot{\mathrm{Cl}} + 2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}$.

### 4. Unterchlorige Säure.

*Darstellung.* Man bringt Quecksilberoxyd mit Wasser in eine mit Chlorgas gefüllte Flasche; es entsteht Chlorquecksilber und eine Auflösung von unterchloriger Säure, welche man durch Destillation bei gelinder Wärme rein erhält. Sie bildet sich aufserdem durch Sättigen von gelöschtem Kalk (Kalkhydrat) mit Chlorgas, wobei Chlorcalcium und unterchlorigsaure Kalkerde entstehen; ferner durch Sättigen einer Auflösung von kohlensaurem Kaliumoxyd mit Chlorgas, welche dann unterchlorigsaures Kaliumoxyd, Chlorkalium und Kali-Bicarbonat enthält. Durch weitere Einwirkung wird auch das unterchlorigsaure Salz zersetzt und die Flüssigkeit enthält dann freie unterchlorige Säure.

*Eigenschaften.* Gelbes Gas, von eigenthümlichem, chlorartigem Geruch, explodirt schon durch die Wärme der Hand, oder in Berührung mit Kohle, vergröfsert dabei sein Volumen von 1 zu $1\frac{1}{2}$, und ist nun in ein Gemenge von 1 Volumen Chlorgas und $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerstoffgas verwandelt. Wasser absorbirt sein hundertfaches Volumen; die Auflösung ist gelb und riecht wie das Gas; im Licht und in der Wärme zersetzt sie sich in Chlorgas und in Chlorsäure. Sie bleicht Pflanzenfarben.

Die unterchlorige Säure besteht aus 1 Aequiv. Chlor und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{Cl} = 543{,}28$.

## VIII. Säuren des Broms und Jods.

Brom bildet, wie es scheint, nur eine Säure, von ähnlichen Eigenschaften wie die Chlorsäure, und proportional mit ihr zusammengesetzt, mit der sie auch gleiche Bildungsweise hat.

Das Jod bildet eine Ueberjodsäure, $\overset{\because\because}{I}$, und eine Jodsäure, $\overset{\because}{I}$. Die erstere entsteht, an Baryterde gebunden, durch Erhitzen von jodsaurer Baryterde; ferner, unter Bildung von Chlornatrium, wenn man eine mit Natronhydrat vermischte Lösung von jodsaurem Natron mit Chlorgas sättigt, wobei sich $\dot{N}a^2\overset{\because\because}{I}$ als schwerlösliches Salz abscheidet. Die Ueberjodsäure bildet farblose, bei 130° ohne Zersetzung schmelzbare Krystalle, in Wasser leicht löslich. Die *Jodsäure* entsteht sowohl bei Auflösung von Jod in Kali, als auch durch Auflösen von Jod in concentrirter, farbloser Salpetersäure. Sie ist fest und krystallisirbar, und zerfällt beim Erhitzen in Jod und Sauerstoffgas.

Von *Fluor* ist noch keine Sauerstoffverbindung bekannt.

## IX. Säuren und Oxyd des Kohlenstoffs.

Der Kohlenstoff geht mit dem Sauerstoff mehrere Verbindungen ein, wovon die *Kohlensäure*, die *Oxalsäure* und das *Kohlenoxydgas* die am häufigsten vorkommenden und wichtigsten sind.

### 1. Kohlensäure.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, von schwach säuerlichem Geruch, Lackmus schwach und vorübergehend röthend; von 1,5201 specifischem Gewicht. Verlöscht Feuer und wirkt, in reiner Gestalt eingeathmet, tödtlich. Wird bei 0° und einem Druck von 40 Atmosphären zu einer dünnen, farblosen Flüssigkeit condensirt; diese ist durch Wärme ausdehnbarer, als das Gas, und erzeugt bei der Verdunstung eine Kälte von —79°, wobei die Säure selbst zu einer festen Masse erstarrt. Diese schmilzt bei —57° und übt dann schon einen Druck von 5 Atmosphären aus. Der Druck ihres Dampfes steigt für jeden Thermometergrad fast um eine Atmosphäre.

Kalium, in Kohlensäuregas erhitzt, verbrennt darin unter Abscheidung von Kohle. Kein anderer Körper vermag auf diese Weise die freie Kohlensäure zu zersetzen. Dagegen läfst sich z. B. aus der Kohlensäure in Salzen, im kohlensauren Kalk (Kreide, Marmor), durch Glühen desselben in Phosphorgas, schwarze, pulverförmige Kohle abscheiden, weil hierbei phosphorsaures Salz entsteht.

Das Kohlensäuregas ist in Wasser löslich; bei gewöhnlichem Druck und gewöhnlicher Temperatur nimmt 1 Maafs Wasser 1 Maafs Gas auf; bei niedrigerer Temperatur und stärkerem Druck 2 bis 3 mal so viel. Das mit Kohlensäure gesättigte Wasser hat einen schwach säuerlichen Geschmack, röthet Lackmuspapier, und verliert wieder beim Stehen in der Luft oder beim Kochen sein sämmtliches Gas. Alle moussirenden Mineralwasser, z. B. das Selterser, sind solche Auflösungen von Kohlensäure in salzhaltigem Wasser. Man macht sie künstlich nach, indem man Wasser mit Kohlensäure sättigt, nachdem man in demselben alle die Salze aufgelöst hat, die in dem natürlichen enthalten sind. Auflösungen von Kohlensäure sind ferner alle gegohrenen moussirenden Weine und Biere, und die Ursache des Schäumens derselben beruht auf dem Entweichen eines Theiles der in ihnen enthaltenen Kohlensäure, die bei der Gährung solcher Flüssigkeiten gebildet wurde.

Die Kohlensäure trübt das Kalkwasser und schlägt dar-

aus pulverförmigen kohlensauren Kalk nieder, wodurch sie sich von anderen Gasen unterscheiden läfst.

Die Kohlensäure ist eine der schwächsten Säuren, und wird von den meisten übrigen aus ihren Verbindungen ausgetrieben. Weil sie in freiem Zustande gasförmig ist, so verursacht ihr Entweichen, wenn es in Berührung mit einer Flüssigkeit statt findet, immer ein Aufbrausen.

Das Atomgewicht der Kohlensäure ist 275,12. Sie besteht aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Sauerstoff, $=\ddot{C}$. In 1 Volumen Kohlensäuregas ist 1 Volumen Sauerstoff verbunden mit $\frac{1}{2}$ Volumen Kohlenstoffgas.

Die Kohlensäure entsteht durch Verbrennen von Diamant, Graphit, gewöhnlicher Kohle und kohlenstoffhaltigen Körpern in der Luft oder in reinem Sauerstoffgase. Letzteres verändert dabei seinen Umfang nicht. Weil sie ein beständiges Product der Verbrennung von allem gewöhnlichen Brennmaterial (s. S. 33.), der Verwesung der organischen Körper und ein beständiges Product des Athmens der Thiere ist, und aufserdem in vielen Gegenden, besonders vulkanischen, aus Quellen und Oeffnungen in der Erde unaufhörlich in aufserordentlicher Menge ausdunstet, macht sie einen beständigen, wiewohl relativ nur kleinen Bestandtheil der Atmosphäre aus. Die meiste Kohlensäure kommt aber gebunden an Basen vor, besonders an Kalkerde, mit der sie die verschiedenen Arten des Kalksteins bildet.

Die Kohlensäure sammelt sich nicht selten in alten, wenig besuchten Kellern, Brunnen, Höhlen, und namentlich auch in den Kellern bei der Wein-, Branntwein- und Bierbereitung, worin die Bottiche mit der gährenden Flüssigkeit stehen, in Menge an, und kann auf diese Weise die Ursache der augenblicklichen Erstickung derer sein, die in solche Räume gehen, wenn darin nicht zuvor durch hinreichenden Luftwechsel, oder, wenn es die Umstände erfordern, durch hineingeworfenen gelöschten Kalk, die Kohlensäure weggeschafft worden ist. Ihre Anwesenheit in solcher Menge, dafs sie gefährlich sein kann, ist immer leicht an dem schlechten Brennen, oder selbst Verlöschen einer in solche Räume gebrachten Lichtflamme zu beobachten.

*Darstellung.* Durch Zersetzung von kohlensaurem Kalk (Kreide oder Marmor) mit verdünnter Schwefelsäure oder Salpetersäure.

### 2. Oxalsäure.

*Vorkommen.* In vielen Pflanzen, besonders in dem sauren Safte des Sauerklee's (*Oxalis acetosella*) an Kali gebunden als Kleesalz, daher auch der Name Kleesäure.

*Eigenschaften.* Farblose klare Krystalle, von sehr saurem Geschmack, die an der Luft zu Mehl zerfallen, indem sie $\frac{2}{3}$ ihres chemisch gebundenen Wassers verlieren, wobei aber die Säure noch 20 Procent oder 1 Atom basisches Wasser zurückbehält; im wasserfreien Zustande kennt man sie nicht. In 8 Th. kalten Wassers löslich. Die verwitterte Säure sublimirt sich bei 150° unzersetzt in Krystallen; ihr Dampf reizt stark zum Husten. In einer Retorte erhitzt, schmilzt die krystallisirte bei + 98°, und zersetzt sich bei + 155° unter Aufkochen vollständig in eine Auflösung von Ameisensäure in Wasser, und in ein Gemenge von Kohlensäure- und Kohlenoxydgas.

Mit rauchender Schwefelsäure übergossen, wird die zerfallene Oxalsäure, durch Wasser-Entziehung, in ein Gasgemenge aus gleichen Maaſstheilen Kohlensäure und Kohlenoxyd zersetzt.

Die wasserfreie Oxalsäure besteht aus 2 Atomen Kohlenstoff und 3 Atomen Sauerstoff, $= \dddot{C}$. Ihr Atomgewicht ist 450,24.

Der Sauerstoff der Basis, durch welche die Oxalsäure neutralisirt wird, reicht grade hin, um mit ihr Kohlensäure zu bilden. Glüht man daher z. B. oxalsaures Eisenoxyd, so erhält man Kohlensäure und metallisches Eisen. — Glüht man aber ein oxalsaures Salz mit einer Basis, die dabei den Sauerstoff nicht abgibt, so wird die Oxalsäure wie durch Schwefelsäure zersetzt, d. h. in ein entweichendes Gasgemenge aus Kohlensäure und Kohlenoxyd, und das Oxyd bleibt rein zurück, z. B. oxalsaure Talkerde. Oxalsaure Kalkerde dagegen gibt beim schwachen Glühen nur Kohlenoxydgas, weil die Kohlensäure mit der Kalkerde verbunden bleibt.

Die Oxalsäure ist eine viel stärkere Säure als die Kohlensäure, ungeachtet sie weniger Sauerstoff enthält, als diese. Ohne Zweifel enthält sie den Kohlenstoff in derselben Modification, wie er in den organischen Säuren enthalten ist. Sie bildet mit der Kalkerde ein ganz unauflösliches, weifses, pulverförmiges Salz.

*Darstellung.* Da die Oxalsäure durch Einwirkung von Salpetersäure auf sehr viele Pflanzenstoffe gebildet wird, so kann man sie, aufser durch Abscheidung aus dem Kleesalz, besonders vortheilhaft auch durch Kochen von 1 Theil Zucker oder Stärke mit 8 Theilen Salpetersäure von 1,38 spec. Gew. erhalten, wobei Kohlensäure und Stickoxydgas weggehen, und Oxalsäure aus der erkaltenden oder nachher durch Abdampfen concentrirten Flüssigkeit herauskrystallisirt.

### 3. Kohlenoxydgas.

*Eigenschaften.* Farbloses, geruchloses, in Wasser fast unlösliches Gas, von 0,97269 spec. Gewicht; entzündlich und mit hellblauer Flamme zu Kohlensäure verbrennend. 1 Maafs Kohlenoxydgas nimmt dabei genau $\frac{1}{2}$ Maafs Sauerstoffgas auf und gibt 1 Maafs Kohlensäuregas. Die Kohlensäure kann man also betrachten als eine Verbindung von 1 Maafs Kohlenoxydgas mit $\frac{1}{2}$ Maafs Sauerstoffgas, verdichtet zu 1 Maafs; und im Kohlenoxydgas ist der Kohlenstoff mit halb so viel Sauerstoff als in der Kohlensäure verbunden, d. h. es besteht aus 1 Atom Kohlenstoff und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{C}$, oder 1 Volumen aus $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerstoffgas und $\frac{1}{2}$ Volumen Kohlenstoffgas.

*Darstellung.* Indem man der Kohlensäure die Hälfte ihres Sauerstoffs entzieht, z. B. durch Glühen von Kohle in Kohlensäure, wobei 1 Maafs Kohlensäuregas 2 Maafs Kohlenoxydgas gibt. Ferner durch Glühen von Kreide mit Kohle. — Am besten erhält man es durch Zersetzung der Oxalsäure mit Schwefelsäure, wobei es durch Kalkhydrat vom Kohlensäuregas zu trennen ist.

Das Kohlenoxydgas bildet sich stets beim Verbrennen gröfserer Kohlenmassen, und bildet die über denselben erscheinende schwache, bläuliche Flamme.

## X. Borsäure.

*Eigenschaften.* Bildet farblose, glänzende, schuppige Krystalle, von geringem Geschmack, in Wasser schwer löslich. Beim Erhitzen schmilzt sie und bläht sich stark auf, indem sie 43,6 Procent oder 3 Atome chemisch gebundenes Wasser verliert. Die in der Glühhitze geschmolzene wasserfreie Säure ist ein farbloses, durchsichtiges Glas. In Wasserdampf ist die Borsäure flüchtig. Ihre Auflösung in Weingeist brennt mit grüner Flamme.

*Darstellung.* Man reinigt die natürlich vorkommende durch Umkrystallisiren, oder man löst 1 Theil Borax (borsaures Natron) in 4 Theilen kochenden Wassers auf und setzt concentrirte Chlorwasserstoffsäure im Ueberschufs hinzu. Beim Erkalten scheidet sich die Borsäure in Krystallen ab, die durch Umkrystallisiren aus reinem Wasser gereinigt wird.

Die Borsäure besteht aus 1 Atom Bor und 3 Atomen Sauerstoff, $= \dddot{B}$. Atomgewicht $= 436{,}20$.

Sie ist eine der schwächsten Säuren. In der Glühhitze aber vermag sie selbst starke Säuren auszutreiben und fast alle basischen Oxyde aufzulösen.

## XI. Kieselsäure.

Sie macht einen der Hauptbestandtheile der festen Masse unserer Erde aus und kommt theils in Verbindung mit Basen, theils für sich als Quarz, Sand, Chalcedon, Feuerstein, Opal etc. vor. Krystallisirt bildet sie den Bergkrystall.

*Eigenschaften.* Als Bergkrystall ist die Kieselsäure farblos, durchsichtig, sehr hart; die aus Verbindungen abgeschiedene, künstlich dargestellte ist ein weifses, sich rauh anfühlendes geschmackloses Pulver. Nur im Sauerstoffgasgebläse zum klaren, harten, amorphen Glase schmelzbar. In Wasser und allen Säuren, die Flufssäure ausgenommen, vollkommen unlöslich. Besteht aus 1 Atom Kiesel und 3 Atomen Sauerstoff, $= \dddot{Si}$. Atomgewicht 577,78.

Die Kieselsäure ist eine nur höchst schwache Säure. In Verbindung mit Basen bildet sie eine sehr grofse Klasse von Mineralien, z. B. die vielen Arten von Feldspath, Glimmer,

Hornblende, Granat etc. In diesen Silicaten scheint die Kieselsäure in zweierlei Zuständen enthalten zu sein, da viele selbst durch die stärksten Säuren nicht zersetzt werden, wozu auch das ähnlich zusammengesetzte Glas und Porzellan gehören. Aus den durch Säuren zersetzbaren abgeschieden, bildet die Kieselsäure, gleich der aus Chlor-, Fluor- und Schwefel-Kiesel durch Wasser-Zersetzung entstandenen, nicht ein Pulver, sondern eine dicke, aufgequollene durchscheinende Gallerte, und in diesem Zustande ist sie sowohl in Säuren, als auch in reinem Wasser in bedeutender Menge löslich. Hieraus ihr Vorkommen in Quellwassern, besonders in den heifsen Quellen auf Island, und die Bildung des Kieselsinters in denselben erklärlich. Sobald sie aber ausgetrocknet und erhitzt worden ist, hat sie diese Löslichkeit vollständig verloren.

## Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radical.

Die Anzahl der Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radical ist sehr grofs. Sehr viele kommen im Pflanzenreich fertig gebildet vor. Andere können, durch Einwirkung namentlich der Salpetersäure und der starken Salzbasen, oder durch Einwirkung einer höheren Temperatur, aus jenen natürlichen oder überhaupt aus organischen Stoffen gebildet werden. Man nennt sie gewöhnlich organische Säuren. Sie bestehen alle entweder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus diesen und Stickstoff, in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbunden. Man mufs sie betrachten als Verbindungen von Sauerstoff mit zusammengesetzten Radicalen. — Die Beschreibung dieser Säuren folgt in der organischen Chemie.

Zu den Sauerstoffsäuren mit zusammengesetztem Radical gehört ferner die

### Cyansäure.

***Bildung.*** Die Cyansäure kann nicht unmittelbar aus Cyan und Sauerstoff zusammengesetzt werden. Sie bildet

sich aber auf ganz ähnliche Weise wie die Chlorsäure, indem man nämlich Cyangas in eine Auflösung einer starken Basis, z. B. Kali, leitet, wodurch cyansaures Kali und Cyankalium entstehen. Sie bildet sich ferner durch Glühen von Kali in Cyangas, wodurch dieselben Producte erhalten werden. Oder durch Schmelzen von Cyankalium an der Luft, oder endlich durch Glühen von Cyaneisenkalium mit Mangansuperoxyd, aus welchem Gemenge sich nachher das gebildete cyansaure Kali durch kochenden Alkohol ausziehen und krystallisirt erhalten läfst.

Aus ihren Salzen kann die Cyansäure nicht durch Zersetzung mit anderen stärkeren Säuren dargestellt werden, weil sie sich in dem Augenblick des Freiwerdens mit dem gegenwärtigen Wasser in Kohlensäure und Ammoniak zersetzt, welche erstere unter Aufbrausen entweicht, während letzteres mit der zugesetzten Säure verbunden bleibt. Man erhält sie aber durch Destillation der Cyanursäure (s. Ammoniak).

*Eigenschaften.* Nur in wasserhaltigem Zustande bekannt. Farblose, durchdringend und stechend sauer riechende Flüssigkeit. Erzeugt augenblicklich auf der Haut schmerzhafte Blasen. Von höchst geringer Beständigkeit bei gewöhnlicher Temperatur; verwandelt sich, wenige Augenblicke nach ihrer Darstellung, unter freiwilliger Erhitzung und explosionsartigem Aufkochen, in eine weifse, feste, geschmack- und geruchlose Masse, die mit wasserhaltiger Cyansäure isomerisch ist und in höherer Temperatur wieder in diese zurückverwandelt wird. — Mit Wasser zersetzt sich die Cyansäure unter heftigem Aufbrausen in Kohlensäuregas und kohlensaures Ammoniak.

Die Cyansäure besteht aus:

1 Aequivalent Cyan = { 2 At. Kohlenstoff, 2 At. Stickstoff } und

1 Atom Sauerstoff.

Das Gewicht ihres Atoms, $= \dot{\mathrm{C}}\mathrm{N}$ oder $\dot{\mathrm{C}}\mathrm{y}$, ist $= 425{,}30$.

Die eben beschriebene wasserhaltige Cyansäure besteht aus 1 Atom Cyansäure und 1 Atom Wasser. Die Bestandtheile von 2 Atomen Wasser hinzugerechnet, gibt die Zu-

sammensetzung von 1 Atom kohlensaurem Ammoniak und 1 Atom Kohlensäure.

Die cyansauren Salze enthalten auf 1 Atom Säure 1 At. Basis *).

## II. Sulfide.

Sulfide nennt man solche Schwefelverbindungen, welche sich analog den Sauerstoffsäuren verhalten und sich mit basischen Schwefelmetallen, d. h. mit den Schwefelverbindungen derjenigen Metalle vereinigen können, deren entsprechende Oxyde Basen sind. Unter den Metalloïden sind es hauptsächlich Wasserstoff, Kohlenstoff, Phosphor, Arsenik und Antimon, von denen bis jetzt Sulfide genau bekannt sind. Bei den Metallen sind in der Regel alle diejenigen Schwefelverbindungen Sulfide, die den Sauerstoffsäuren derselben Metalle proportional zusammengesetzt sind.

In ihren Verbindungen mit den basischen Schwefelmetallen befolgen die Sulfide dieselben Gesetze, wie die Sauerstoffsäuren.

### 1. Wasserstoffsulfid (Schwefelwasserstoff).

*Bildung.* Die Vereinigung zwischen Schwefel und Wasserstoff läfst sich nur unvollkommen auf unmittelbarem Wege bewerkstelligen; sie geht aber leicht dadurch vor sich, dafs

---

*) Durch gegenseitige Einwirkung von Quecksilber, Salpetersäure und Alkohol entsteht ein schwer lösliches, krystallinisches Quecksilbersalz, welches durch die Eigenschaft, durch Druck, Stofs oder Wärme mit der gewaltsamsten Explosion sich zu zersetzen, ausgezeichnet ist. Dieses Salz enthält eine eigenthümliche, aus den Elementen des Alkohols und der Salpetersäure gebildete Säure, die *Knallsäure*, die von dem Quecksilberoxyd auch auf andere Basen übertragen und auch bei Anwendung von Silber hervorgebracht werden kann. Im isolirten Zustande ist sie nicht darstellbar, weil sie bei der Trennung von Basen sogleich in andere Producte zerfällt. Man hielt sie bisher für isomerisch mit der Cyansäure; allein es ist sehr wahrscheinlich geworden, dafs sie anders zusammengesetzt ist.

beide Körper in dem Augenblick, wo sie aus anderen Verbindungen frei werden, mit einander in Berührung kommen; z. B. bei der Auflösung von Schwefeleisen in verdünnter Schwefelsäure.

*Eigenschaften.* Das Wasserstoffsulfid ist ein farbloses Gas, ausgezeichnet durch einen höchst stinkenden, faulen Eiern ähnlichen Geruch; beim Einathmen wirkt es giftig es ist brennbar und läfst sich schon durch glimmende Kohle entflammen; blankes Silber und Kupfer werden dadurch geschwärzt. Spec. Gewicht 1,1912. Durch einen Druck von 17 Atmosphären bei $+10^{\circ}$ wird es zu einer farblosen, sehr dünnen Flüssigkeit condensirt, die bei $-85^{\circ}$ krystallisirt und bei Aufhebung des Drucks unter Explosion wieder gasförmig wird.

Wasser absorbirt, je nach der Temperatur, 2 bis 3 Maafs Schwefelwasserstoffgas, und nimmt dadurch seinen Geruch und Geschmack an. Durch Einwirkung der Luft wird es milchig von abgesetztem Schwefel. Eben so wirken salpetrige und schweflige Säure und Chlor. Durch Kochen entweicht wieder der ganze Gasgehalt. Die sogenannten Schwefelwasser oder hepatischen Mineralwasser sind natürlich vorkommende Auflösungen von Schwefelwasserstoff in Wasser.

Metalle, z. B. Zinn, in Schwefelwasserstoffgas geschmolzen, entziehen ihm den ganzen Schwefelgehalt, mit Zurücklassung eines unveränderten Volumens reinen Wasserstoffgases.

Seine Zusammensetzung ist analog der des Wassers; es besteht aus 1 Volumen Wasserstoffgas und $\frac{1}{2}$ Volumen Schwefelgas, verdichtet zu 1 Volumen, oder aus 1 Aequiv. Wasserstoff und 1 Atom Schwefel. In 100 Theilen enthält es 94,15 Theile Schwefel und 5,85 Theile Wasserstoff. Sein Atom, $= HS$ oder $\overset{\prime}{H}$ *), wiegt 213,23.

Mit den meisten Metalloxyden zersetzt es sich und bildet damit Wasser und Schwefelmetalle. Aber mit den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle verbindet es sich, und bil-

*) Ein Komma über einem Atomzeichen bedeutet ein Schwefelatom.

det damit Salze, worin Basis und Sulfid gleiche Mengen Schwefel enthalten.

Da viele der durch Schwefelwasserstoff gebildeten Schwefelmetalle in Wasser unauflöslich und gefärbt sind, so bietet dieses Gas eins der wichtigsten Mittel zur Erkennung und Scheidung der Metalle dar.

*Wasserstoffbisulfuret.* Zersetzt man eine Auflösung von höchsten Schwefelcalcium (erhalten durch Kochen von Schwefel mit gelöschtem Kalk und Wasser) durch Zumischung zu Chlorwasserstoffsäure, so scheidet sich ein zu Boden sinkender, gelber, ölartiger Körper ab, der eine Verbindung von Wasserstoff mit doppelt so viel Schwefel ist, als das Wasserstoffsulfid enthält. Selbst in verschlossenen Gefäſsen zersetzt sie sich bald in Schwefelwasserstoffgas und krystallisirten Schwefel, daher sie sich gut zur Condensation des Schwefelwasserstoffgases eignet.

## 2. Kohlensulfid (Schwefelkohlenstoff).

*Bildung.* Entsteht nicht bei dem Siedepunkt des Schwefels, also nicht, wenn man Schwefel und Kohle zusammen destillirt; entsteht aber bei Glühhitze, wenn man Schwefel in Gasform über glühende Kohle leitet.

*Eigenschaften.* Farblose, sehr dünne, stark lichtbrechende Flüssigkeit, von eigenthümlichem Geruch; von 1,272 spec. Gewicht, also in Wasser untersinkend, darin unlöslich. Höchst flüchtig, siedet schon bei $+ 46°,6$. Leicht entzündlich, mit blauer Flamme zu Kohlensäure und schwefliger Säure verbrennend.

Metalle, in seinem Gas geglüht, verwandeln sich in Schwefelmetalle, gemengt mit Kohle.

Das Kohlensulfid hat eine analoge Zusammensetzung wie die Kohlensäure, es besteht aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Schwefel, $= \overset{''}{C}$. Sein Atomgewicht ist 476,62. In seinen Salzen enthält die Basis halb so viel Schwefel, als das Sulfid.

Mit den starken Sauerstoffbasen zersetzt es sich theilweise unter gleichzeitiger Bildung eines kohlensauren und eines Kohlensulfid-Salzes. Durch Chlor wird es in der

Glühhitze in Chlorschwefel und Chlorkohlenstoff, $CCl^2$, verwandelt.

Der Schwefelkohlenstoff ist ein Auflösungsmittel für den Schwefel, woraus dieser in regelmäfsigen Krystallen zu erhalten ist.

### 3. Phosphorsulfide.

Der Phosphor bildet mit dem Schwefel 4 bestimmte Verbindungen, die seinen 4 Oxydationsstufen analog zusammengesetzt sind, und wovon 3 Eigenschaften von Sulfiden haben. Sie entstehen durch unmittelbare Vereinigung, sind aber schwer getrennt zu erhalten. Phosphor und Schwefel schmelzen leicht zusammen. Erhitzt man die Masse über 100°, so bildet sich unter äufserst heftiger Feuererscheinung und gewaltsamer Explosion das Phosphorsulfid, $= PS^5$. Es ist blafsgelb, sublimirbar. Das Phosphorsulfuret, $= P^2S$, ist schon bei 0° flüssig.

### 4. Arseniksulfide.

*a*) ***Arseniksulfid***, $\overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{As}$, oder das der Arseniksäure entsprechende Schwefelarsenik, entsteht, jedoch nur sehr langsam, durch Zersetzung der ersteren mit Schwefelwasserstoff. Es ist ein, dem folgenden ähnliches, aber blasser gelbes Pulver.

*b*) ***Arseniges Sulfid***, $\overset{\prime\prime\prime}{As}$, gelbes Schwefelarsenik (Auripigment, Operment, Rauschgelb). Das natürliche bildet blättrige, sehr spaltbare, glänzende, durchscheinende Massen von schön gelber Farbe. Wird im Grofsen erhalten durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit arseniger Säure, enthält aber dann stets von letzterer eingeschmolzen. Rein erhält man es durch Fällung einer mit Chlorwasserstoffsäure vermischten Auflösung von arseniger Säure in Wasser durch Schwefelwasserstoff. Ohne Säurezusatz färbt sich die Lösung gelb, ohne Niederschlag. Es ist ein schön citrongelbes Pulver, leicht schmelzbar und sublimirbar. Verbrennt, gleich dem vorhergehenden, beim Erhitzen an der Luft mit Flamme. Gibt beim Erhitzen mit Cyankalium und kohlensaurem Natron oder mit diesem und Kohle ein Sublimat von metallglänzendem Arsenik. Wird als gelbe Farbe gebraucht.

c) *Unterarseniges Sulfid*, $\overset{''}{As}$, rothes Schwefelarsenik (Realgar). Findet sich als Mineral krystallisirt in gelbrothen, durchscheinenden Krystallen. Das aus den Bestandtheilen durch Zusammenschmelzen künstlich dargestellte bildet eine dunkelrothe, durchscheinende, glasige Masse von glänzendem, muschligem Bruch. Leicht schmelzbar und flüchtig. Wird im Grofsen erhalten durch Destillation von Arsenikeisen mit Schwefelkies. Wird als Farbe und zur Mischung des Weifsfeuers (für Feuerwerke und Signalfeuer) gebraucht.

Die drei Arseniksulfide sind leicht löslich in den Lösungen sowohl der Schwefel- als der starken Sauerstoffbasen, in letzterem Falle unter gleichzeitiger Bildung von arsenigsaurem Salz. Durch Säuren werden sie wieder gefällt.

### 5. Antimonsulfide.

a) *Antimonsulfid*, $\overset{''}{\overset{'''}{Sb}}$ (Goldschwefel oder Sulphur auratum der Pharmacie). Es wird nicht durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf wasserhaltige Antimonsäure gebildet. Es entsteht durch Zusammenschmelzen des folgenden mit Schwefel und einer Schwefelbase, mit welcher es dann verbunden bleibt (s. Natrium-Sulfantimoniat). Durch eine andere Säure aus der Auflösung dieses Schwefelsalzes gefällt, bildet es ein pomeranzengelbes Pulver. Beim Erhitzen zerfällt es in Schwefel und antimoniges Sulfid.

b) *Antimoniges Sulfid*, $\overset{'''}{Sb}$. Es bildet das als Mineral vorkommende *Grauspiefsglanzerz* und das daraus ausgeschmolzene *rohe Spiefsglanz* (Antimonium crudum). Es kann durch unmittelbare Zusammenschmelzung der Bestandtheile erhalten werden. Bleigraue, stark glänzende Krystalle oder grofsstrahlig krystallinische Masse; spröde, leicht schmelzbar, in stärkerer Hitze flüchtig. Verliert beim Schmelzen in Wasserstoffgas allen Schwefel.

Im amorphen Zustande ist dieses Sulfid ein gelbrothes Pulver, welches beim Erhitzen krystallinisch und dadurch schwarz wird. Es entsteht als ein lebhaft rothgelber Niederschlag, durch Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas

auf antimonige Säure, besonders in ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure.

Das antimonige Sulfid läfst sich mit der antimonigen Säure zusammenschmelzen. Eine Masse der Art, bekannt unter dem Namen *Spiefsglanzglas*, erhält man durch unvollständiges Rösten von Schwefelantimon und nachheriges Zusammenschmelzen der oxydirten Masse. Es ist eine dunkelroth durchscheinende, glasige Substanz. Das ***Rothspiefsglanzerz***, ein in rothen Krystallen vorkommendes Mineral, besteht aus $\overset{\cdots}{Sb} + 2\overset{'''}{Sb}$.

---

***Selen*** und ***Tellur*** bilden, analog dem Schwefel, ***Selenide*** und ***Telluride***, die sich mit basischen Selen- und Tellur-Metallen verbinden. Bis jetzt sind nur das Wasserstoffselenid und das Wasserstofftellurid bekannt. Beide sind farblose, dem Wasserstoffsulfid selbst im Geruch sehr ähnliche, höchst giftige Gase. Sie werden auf ähnliche Weise erhalten wie letzteres. Sie sind in Wasser löslich; an der Luft scheiden sich aus dieser Lösung Selen und Tellur, ersteres als rothes, letzteres als graues Pulver ab.

## III. Wasserstoffsäuren.

Chlor, Brom, Jod und Fluor machen unter den einfachen Stoffen eine ganz eigene Klasse von sehr ähnlichen Körpern aus. Obgleich zusammengesetzt, mufs auch das Cyan, wegen seines ähnlichen Verhaltens, dazu gerechnet werden.

Diese Körper haben alle zu dem Wasserstoff grofse Affinität; die aus der Vereinigung mit demselben entspringenden Verbindungen sind durch dieselben Eigenschaften charakterisirt, wie die Sauerstoffsäuren, und würden durch ihren völlig gleichen Geschmack und ihre Wirkung auf Pflanzenfarben von jenen nicht zu unterscheiden sein. Daher ihr Name *Wasserstoffsäuren*.

Allein zu den basischen Oxyden verhalten sie sich anders. Sie verbinden sich nicht mit ihnen, sondern sie zersetzen sich damit, und zwar stets auf eine solche Weise, dafs

der Wasserstoff der Säure mit dem Sauerstoff des Oxyds Wasser, und das Radical der Säure mit dem Metalle des Oxyds ein Salz bildet. So z. B. gibt Chlorwasserstoffsäure mit Natriumoxyd Wasser und Chlornatrium (Kochsalz).

In Beziehung auf diese Eigenschaft, mit den basenbildenden Metallen Verbindungen hervorzubringen, welche in ihren Eigenschaften von den Sauerstoffsalzen nicht unterschieden sind, also Salze zu bilden, welche keinen Sauerstoff enthalten und nur aus zwei Elementen bestehen, hat man die eben genannten Körper *Salzbilder* (Corpora halogenia), und ihre Verbindungen mit den basenbildenden Metallen *Haloïdsalze* genannt.

Unter den Wasserstoffsäuren gibt es nicht, wie bei den Sauerstoffsäuren, mehrere Säurestufen von einem und demselben Radical. Jedes Radical bildet nur eine Wasserstoffsäure. Sie enthalten alle auf 1 Aequivalent Radical 1 Aeq. Wasserstoff. Die Wasserstoffsäuren sind Säuren mit einfachem, oder Säuren mit zusammengesetztem Radical.

### 1. Chlorwasserstoffsäure.

*Darstellung.* Wie schon Seite 19. erwähnt wurde, ist die Chlorwasserstoffsäure ein Gas, welches durch unmittelbare Vereinigung seiner Elemente entstehen kann. Gewöhnlich aber wird sie aus dem Kochsalz, einer Verbindung von Chlor mit dem Metalle Natrium, bereitet, und zwar dadurch, daſs man es in einem Gasentwickelungs-Apparat mit concentrirter Schwefelsäure übergieſst. Der Wassergehalt der Schwefelsäure liefert hierbei dem Chlor im Salz den Wasserstoff, und das Salz wird in schwefelsaures Natriumoxyd (Glaubersalz) verwandelt. Das sich entwickelnde Gas wird über Quecksilber aufgefangen, wenn man es als Gas haben will, oder in Wasser geleitet, wenn man flüssige Chlorwasserstoffsäure zu bereiten beabsichtigt.

*Eigenschaften.* Das Chlorwasserstoffsäuregas ist farblos, raucht stark in der Luft, besitzt einen sehr stechenden, erstickenden Geruch, und läſst sich durch einen sehr starken Druck zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten. Sein spec. Gewicht ist 1,254.

Basische Metalloxyde in dieses Gas gebracht, absorbiren dasselbe vollständig, und es bildet sich Wasser und ein festes Chlormetall (Haloïdsalz). In einigen Fällen ist diese Vereinigung mit Feuererscheinung verbunden. — Werden solche Metalle, die das Wasser zersetzen können, in diesem Gase erhitzt, so zersetzen sie dasselbe, indem sie ihm das Chlor entziehen und ½ Volumen reines Wasserstoffgas zurücklassen.

Das Chlorwasserstoffgas besteht aus:

| | Spec. Gew. | | In 100 Gewichtstheilen. |
|---|---|---|---|
| ½ Volumen Chlorgas | 1,2201 | — | 97,26 |
| ½ Volumen Wasserstoffgas | 0,0344 | — | 2,74 |
| 1 Vol. Chlorwasserstoffgas | 1,2545 | — | 100,00. |

Oder es enthält 1 Aequivalent von jedem Bestandtheil, $= HCl = 455{,}76$ (vergl. S. 19.).

*Flüssige Chlorwasserstoffsäure.* Das Chlorwasserstoffsäuregas wird in grofser Menge und mit aufserordentlicher Schnelligkeit vom Wasser absorbirt. 1 Volumen Wasser kann bei niedriger Temperatur 464 Volumen Gas aufnehmen, und diefs geschieht unter starker Erhitzung. Die hierdurch entstehende Flüssigkeit ist höchst sauer und ätzend, und bekannt unter dem Namen *Salzsäure.* Sie ist für den Chemiker und für mehrere technische Endzwecke eine der wichtigsten Säuren, und wird in grofser Menge fabricirt.

Die reine und mit Gas völlig gesättigte Salzsäure ist farblos, raucht an der Luft, riecht sehr stechend, schmeckt höchst sauer und wirkt ätzend, hat 1,19 spec. Gewicht, kocht sehr leicht unter Entwickelung von Chlorwasserstoffsäuregas, wobei sie also verdünnt wird, und sich ihr Kochpunkt erhöht, bis zu dem Punkt, wo das Wasser kein Gas mehr entweichen läfst und sich mit der Säure verflüchtigt. — Die verdünnte Säure raucht nicht an der Luft. Die im Handel vorkommende Säure ist durch verunreinigende Stoffe gewöhnlich gelb gefärbt.

Zu den basischen Metalloxyden und ihren Metallen verhält sich die flüssige Säure wie das Gas. Sie lösen sich darin auf, wenn das sich bildende Chlormetall in Wasser löslich ist; die Oxyde ohne Gasentwickelung, die Metalle

unter Entwickelung von Wasserstoffgas. Die Erscheinungen hierbei sind ganz dieselben, wie die Auflösung eines Oxyds oder Metalles in verdünnter Schwefelsäure, wiewohl der innere Vorgang ein anderer ist. Mit Superoxyden entwickelt sie Chlor.

Das *Königswasser*, welches vorzüglich zur Auflösung des Goldes und Platins, so wie überhaupt als Oxydationsmittel dient, ist ein Gemenge von 1 Th. Salpetersäure mit 4 Th. Chlorwasserstoffsäure, welches seine auflösende Eigenschaft einer darin gebildeten, noch nicht sicher gekannten Verbindung einer Säurestufe des Chlors mit einer niedrigeren Oxydationsstufe des Stickstoffs verdankt.

### 2. Brom- und Jod-Wasserstoffsäure.

Brom verbindet sich nur schwierig, und Jod gar nicht unmittelbar mit Wasserstoff. Auch können diese beiden Wasserstoffsäuren nicht wohl dadurch dargestellt werden, dafs man Brom- oder Jod-Natrium mit Schwefelsäure zersetzt, weil sich ein Theil der Schwefelsäure mit der entstehenden Wasserstoffsäure, wie es namentlich bei der Jodwasserstoffsäure der Fall ist, in schweflige Säure, Wasser, und Brom oder Jod zersetzt. — Am besten erhält man Brom- oder Jod-Wasserstoffsäuregas durch Befeuchten von Brom- oder Jod-Phosphor mit Wasser, wobei dieses zersetzt wird. Die flüssige Jodwasserstoffsäure erhält man, wenn man Schwefelwasserstoffgas in ein Gemisch von Jod und Wasser leitet, wobei das Jod den Wasserstoff des Gases aufnimmt und der Schwefel abgeschieden wird.

Beide Gase haben mit dem Chlorwasserstoffsäuregas die gröfste Aehnlichkeit. Sie haben denselben erstickenden Geruch, rauchen an der Luft, und werden in grofser Menge von Wasser absorbirt, womit sie saure Flüssigkeiten bilden, ganz ähnlich der Salzsäure. Das Jodwasserstoffsäuregas hat 4,44 spec. Gewicht, ist also eins der schwersten Gase, und enthält in 100 Gewichtstheilen nur 0,784 Wasserstoff.

Beide Gase haben die Eigenschaft, sich mit Phosphorwasserstoffgas zu einem festen, in farblosen Würfeln krystallisirenden, flüchtigen Körper zu verdichten, der sich in

Berührung mit Wasser augenblicklich wieder in seine beiden Bestandtheile zersetzt.

### 3. Fluorwasserstoffsäure.

*Darstellung.* Durch Destillation von fein gepulvertem Flufsspath (Fluorcalcium) mit concentrirter Schwefelsäure in einer Platinretorte. Die verdünnte Säure kann auch in einem Destillationsapparate von Blei bereitet werden. Das Fluorcalcium wird dabei in schwefelsaure Kalkerde umgeändert.

*Eigenschaften.* Die Fluorwasserstoffsäure (oder Flufssäure) ist eine wasserhelle, rauchende, sehr flüchtige Flüssigkeit, von stechend saurem Geruch; sie zieht auf der Haut schmerzhafte und gefährliche Blasen, und ihr Dampf wirkt beim Einathmen sehr nachtheilig.

Die Flufssäure ist vor allen anderen Säuren dadurch ausgezeichnet, dafs sie in Glas ätzt, und das Glas, und selbst die reine Kieselsäure, unter starker Erhitzung auflöst, was in der grofsen Verwandtschaft zwischen Fluor und Kiesel seinen Grund hat. Daher ihre Anwendung zum Aetzen von Schrift und Zeichnungen in Glas und zur Analyse kieselsäurehaltiger Mineralien, und daher die Nothwendigkeit, sie in Gefäfsen von Gold oder Platin aufzubewahren.

Zu Metallen und Oxyden verhält sie sich wie die Chlorwasserstoffsäure. Mit Wasser ist sie nach allen Verhältnissen mischbar, erhitzt sich aber dabei bis zum Sieden. Ihr Aequivalent ist $= HF$.

1771 von Scheele entdeckt.

*Kieselfluorwasserstoffsäure.* Fluorkieselgas, in Wasser geleitet, zersetzt sich mit demselben in sich abscheidende gallertartige Kieselsäure und in Fluorwasserstoffsäure. Letztere aber tritt mit einem Antheil unzersetzten Fluorkiesels in Verbindung, und bildet damit eine schwach rauchende, sehr saure Flüssigkeit, die Kieselfluorwasserstoffsäure, $= 3HF + 2SiF^3$. Sie bildet sich ebenfalls, wenn man Kieselsäure (z. B. Bergkrystall) in nicht zu concentrirter Flufssäure auflöst.

Die Kieselfluorwasserstoffsäure zersetzt sich mit den basischen Oxyden auf die Weise, dafs sich Wasser und Doppelsalze von Fluorkiesel mit Fluormetallen bilden.

### 4. Cyanwasserstoffsäure.

*Darstellung.* Durch Zersetzung von Cyanmetallen mit anderen Säuren, z. B. durch Destillation von Cyanquecksilber mit Chlorwasserstoffsäure.

*Eigenschaften.* Die Cyanwasserstoffsäure, bekannt unter dem gewöhnlicheren Namen *Blausäure*, ist eine wasserhelle Flüssigkeit, von eigenthümlichem, starkem, bittermandelartigem Geruch und Geschmack. Ihr spec. Gewicht ist 0,7; sie siedet schon bei +26°,5. Bei —15° erstarrt sie krystallinisch. Mit Wasser nach allen Verhältnissen mischbar. Höchst giftig.

Diese Säure zersetzt sich in kurzer Zeit von selbst, unter Absetzung einer dunkelbraunen Substanz und Bildung anderer Producte. Die geringste Beimischung einer andern Säure verhindert diese Zersetzung. Ihr Dampf ist entzündlich und verbrennt zu Wasser und einem Gasgemenge aus 2 Volumen Kohlensäuregas und 1 Volumen Stickgas. Dieselbe Zersetzung geschieht durch glühendes Kupferoxyd.

Die Cyanwasserstoffsäure besteht aus 1 Aequiv. Cyan ($=C^2 N$) und 1 Aequiv. Wasserstoff.

Sie bildet mit Metalloxyden Cyanmetalle und Wasser; mit Chlor Chlorwasserstoffsäure und Chlorcyan (vgl. S. 29.).

### 5. Rhodanwasserstoffsäure.

*Eigenschaften.* Farblose, flüchtige, der Essigsäure ähnlich riechende Flüssigkeit. Zersetzt sich leicht von selbst, unter Absetzung einer gelben Schwefelcyan-Verbindung. Ausgezeichnet durch die Eigenschaft, die aufgelösten Eisenoxydsalze tief roth zu färben; kann daher zur Entdeckung sehr geringer Spuren von Eisen dienen.

*Bildung.* Zweifach Schwefelkalium, in Cyangas geglüht, wird in Rhodankalium, $=K+C^2 NS^2$, verwandelt. Dasselbe Salz entsteht durch Kochen einer Auflösung von Cyankalium mit Schwefel oder durch Erhitzen von Cyaneisenkalium mit Schwefel. Es ist farblos, krystallisirbar, und liefert bei der Destillation mit anderen Säuren die Rhodanwasserstoffsäure $=H+C^2 NS^2$. Ihr Radical, das Rhodan, ist nicht isolirbar.

# METALLE.

Die 46 einfachen Stoffe, welche man Metalle nennt, sind sowohl durch gewisse allgemeine äufsere Eigenschaften, als besonders durch die Natur ihrer Verbindungen von den Metalloïden unterschieden; indessen gibt es zwischen beiden Klassen von Körpern keine recht scharfe Grenze, und namentlich von den äufseren Eigenschaften findet man mehrere der als charakteristisch angenommenen auch bei Metalloïden.

Alle Metalle haben einen eigenthümlichen Glanz (Metallglanz), sie sind undurchsichtig, und sind vollkommene Leiter für Electricität und Wärme.

Viele kennt man in krystallisirtem Zustande, und ohne Zweifel sind sie alle krystallisirbar. Die Grundform aller ist der Würfel. Sie sind alle schmelzbar, erfordern aber dazu sehr verschiedene Temperaturgrade (Quecksilber, Platin); manche sind auch flüchtig (Quecksilber, Zink).

Ihr specifisches Gewicht ist sehr verschieden; z. B. das vom Iridium 23, das vom Golde 19, das vom Silber 10, vom Eisen 7, vom Kalium, welches auf Wasser schwimmt, 0,8.

Die Metalle sind theils geschmeidig und dehnbar (hämmerbar, walzbar), theils spröde, brüchig. Die geschmeidigen sind zugleich zähe, daher in Draht ziehbar. Nur wenige Metalle haben bedeutende Härte.

Mit Sauerstoff, Schwefel und Chlor verbinden sich alle Metalle; es ist wahrscheinlich, dafs sie sich auch mit allen übrigen Metalloïden, den Wasserstoff vielleicht ausgenommen, verbinden können; aber bis jetzt sind viele dieser Verbindungen noch nicht dargestellt, erst von wenigen Metallen sind Verbindungen mit Stickstoff, Kohlenstoff, Kiesel und Bor bekannt. Mit dem Wasserstoff verbindet sich kein einziges Metall. Viele können sich auch unter einander verbinden.

*Metalloxyde.* Die Bildung der Metalloxyde kann auf mehrfache Weise geschehen; sie richtet sich nach dem Ver-

wandtschaftsgrade der einzelnen Metalle zum Sauerstoff und nach der Natur des entstehenden Oxyds. Die Oxydation kann bewirkt werden durch Glühen oder Schmelzen der Metalle in der Luft oder reinem Sauerstoffgas (Eisen, Blei, Zink); durch Wasserzersetzung bei gewöhnlicher Temperatur (Kalium); durch Glühen in Wasserdämpfen (Eisen); durch Auflösen in verdünnter Schwefelsäure, oder Wasserzersetzung bei Gegenwart einer Säure (Eisen, Zink); durch Salpetersäure, unter Bildung von Stickoxydgas (Kupfer, Zinn); durch Erhitzen mit Salpeter (salpetersaurem Kaliumoxyd); durch heiſse concentrirte Schwefelsäure, unter Bildung von schwefliger Säure.

Die Eigenschaften der einzelnen Metalloxyde sind so sehr verschieden, daſs wenig Allgemeines darüber anzugeben ist. Sie sind alle feste Körper, die meisten in Wasser unlöslich.

Von manchen Metallen kennt man nur eine einzige Oxydationsstufe; die meisten haben 2, andere 3, und noch andere selbst 4 und 5. Es gibt mehrere, welche alle Oxydarten bilden können, nämlich basische Oxyde, Superoxyde und Säuren, so z. B. Mangan. Die meisten Metalle bilden jedoch vorzugsweise basische Oxyde.

Allen oxydirten Metallen kann man den Sauerstoff wieder entziehen, aber hinsichtlich der Leichtigkeit und der Art, womit dieſs möglich ist, verhalten sie sich sehr verschieden. Diese Sauerstoff-Entziehung oder Wiederherstellung eines Metalles in metallischen Zustand nennt man *Reduction*, *Reduciren*, welcher Ausdruck jedoch auch im Allgemeinen für die Wiederherstellung der Metalle auch aus anderen Verbindungen zu brauchen ist.

Die Oxyde gewisser Metalle lassen sich schon durch bloſses Erhitzen reduciren oder in Sauerstoffgas und Metall zerlegen; z. B. die von Platin, Gold, Silber, Quecksilber. Man nennt sie auch *edle* Metalle, weil sie, das Quecksilber ausgenommen, zugleich die Eigenschaft haben, sich nicht durch Glühen oder Schmelzen in der Luft zu oxydiren (nicht anzulaufen oder ihren Glanz zu verlieren). Die Oxyde der meisten übrigen Metalle dagegen, die der *unedlen*, verlieren selbst in den höchsten Hitzgraden ihren Sauerstoff nicht.

Gewisse von diesen sind überhaupt gar nicht unmittelbar reducirbar, andere können dadurch reducirt werden, daſs man sie in Berührung mit einem Körper erhitzt, welcher zum Sauerstoff gröſseres Vereinigungsstreben hat, als das im Oxyd enthaltene Metall. Solche Körper sind vorzüglich der *Wasserstoff* und die *Kohle.* Bei Reduction mit ersterem werden die in Röhren gelegten Metalloxyde in dem darüber geleiteten Gasstrom geglüht; bei Reductionen mit Kohle wird das mit Kohlenpulver gemengte und gewöhnlich mit einem Fluſsmittel (Glas, Borax, Pottasche) bedeckte Oxyd in einem verschlossenen *Tiegel*, oder, bei flüchtigen Metallen, in einem retortenartigen, feuerfesten Gefäſse, einem mehr oder weniger starken Ofen- oder Gebläse-Feuer ausgesetzt. Die Menge der zuzusetzenden Kohle richtet sich nach dem Sauerstoffgehalt des Oxydes, so daſs sie damit gerade Kohlenoxyd oder Kohlensäuregas bilden kann. — Höhere Oxydationsstufen, selbst von unedlen Metallen, verlieren indessen in der Regel schon durch bloſses Glühen für sich einen Antheil ihres Sauerstoffs und verwandeln sich in eine niedrigere Stufe, so besonders alle Superoxyde.

Auch ohne Einwirkung von Wärme können viele Metalloxyde reducirt werden, namentlich aus den Auflösungen ihrer Salze durch hineingestellte oxydirbarere Metalle, so z. B. schlägt sich auf Eisen in einer Kupferoxyd-Auflösung metallisches Kupfer, auf Kupfer in einer Silberoxyd-Auflösung metallisches Silber, auf Zink in einer Bleioxyd-Auflösung metallisches Blei nieder u. s. w. Eben so wirkt ein electrischer Strom.

*Schwefelmetalle.* Die meisten Metalle lassen sich unmittelbar durch Zusammenschmelzen mit Schwefel vereinigen, welche Vereinigung, wie beim Sauerstoff, gewöhnlich von einer Feuererscheinung begleitet ist. Viele Schwefelmetalle können auch dadurch gebildet werden, daſs man die Oxyde dieser Metalle mit Schwefelwasserstoffgas in Berührung bringt, oder daſs man dieses Gas in die Auflösungen ihrer Salze leitet, oder daſs man die Oxyde in diesem Gas, oder auch in Schwefelkohlenstoffgas glüht, oder daſs

man sie mit Schwefel zusammen erhitzt, oder endlich, daſs man schwefelsaure Metallsalze mit Kohle glüht.

Die meisten Schwefelmetalle besitzen vollkommenen Metallglanz und sind Leiter der Electricität. In der Regel hat jedes Metall eben so viele proportionale Schwefelungsstufen als Oxyde. Aehnlich den Oxyden sind die Schwefelmetalle entweder Basen oder Säuren (Sulfide), die sich unter einander verbinden können. Die Schwefelbasen entstehen durch Zersetzung der Sauerstoffbasen mit Schwefelwasserstoffgas, und die Metall-Sulfide durch Zersetzung der Metall-Sauerstoffsäuren mit Schwefelwasserstoff.

Die Schwefelmetalle können auf analoge Weise reducirt werden, wie die Oxyde; nur wenige lassen sich durch bloſses Erhitzen in Schwefel und Metall zerlegen, z. B. Schwefelgold. Schwefelquecksilber (Zinnober) dagegen nicht; destillirt man es aber mit Eisen, so erhält man Schwefeleisen und metallisches Quecksilber. Durch Glühen in der Luft (Rösten) verwandeln sich die Schwefelmetalle in der Regel in Oxyde, indem ihr Schwefel zu schwefliger Säure verbrennt. Manche aber verwandeln sich dabei in schwefelsaure Metalloxyde.

*Selen* und *Tellur* verhalten sich zu den Metallen ganz ähnlich wie der Schwefel.

*Phosphormetalle.* Nur wenige davon sind näher bekannt. Man erhält sie durch unmittelbare Vereinigung, oder indem man die aus den Knochen erhaltene glasige Phosphorsäure (vergl. S. 47.) mit dem Metall und Kohle zusammenschmilzt.

*Arsenik* und *Antimon* vereinigen sich mit vielen Metallen unter Feuererscheinung. Die Verbindungen damit haben Metallglanz.

*Chlormetalle.* Das Chlor vereinigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit den meisten Metallen, und mit vielen unter Feuererscheinung. Die Chlormetalle stellt man auſserdem auf mehrfache Weise dar: durch Auflösung der wasserzersetzenden Metalle in Chlorwasserstoffsäure (Eisen, Zink), durch Auflösung der Metalle in Königswasser. Aus vielen Oxyden wird in der Glühhitze der Sauerstoff durch

Chlorgas ausgetrieben, unter Bildung von Chlormetall; aus anderen Oxyden erst, wenn man sie, mit Kohlenpulver gemengt, in Chlorgas glüht, unter Bildung von Chlormetall und Kohlenoxydgas; die meisten Oxyde verwandeln sich mit Chlorwasserstoffsäure, sowohl der flüssigen als gasförmigen, in Chlormetalle und Wasser (vergl. S. 71.).

Die meisten Chlormetalle sind feste, krystallisirbare, in Wasser lösliche Körper; mehrere sind sehr flüchtige Flüssigkeiten.

Ein Metall verbindet sich in der Regel in eben so vielen Verhältnissen mit Chlor, als es Oxydationsstufen hat. Immer entspricht wenigstens eine Chlorverbindung einem Oxyd desselben Metalles. Indem sich die Oxyde mit Chlorwasserstoffsäure in Chlormetalle und Wasser zersetzen, wird für jedes Atom Sauerstoff im Oxyd 1 Aequivalent Chlorwasserstoffsäure zersetzt, weil jedes Atom Sauerstoff 1 Aequivalent Wasserstoff braucht, um Wasser zu bilden. — Oder mit anderen Worten, die Quantität Wasserstoff, welche mit dem Sauerstoff eines Oxyds Wasser bildet, reicht gerade hin, um mit dem Chlor in dem entsprechenden Chlormetall Chlorwasserstoff hervorzubringen. Hieraus geht auch hervor, dafs man die in Wasser aufgelösten Chlormetalle als chlorwasserstoffsaure Metalloxyde betrachten könnte.

Hat ein höheres Oxyd, z. B. ein Superoxyd, keine ihm entsprechende Chlorverbindung, und es zersetzt sich mit Chlorwasserstoffsäure, so bildet sich Wasser und ein niedrigeres, z. B. dem Oxydul entsprechendes Chlormetall, und es wird so viel Chlor frei, als das Metall mehr aufgenommen haben würde, wenn es ein dem angewandten Superoxyd entsprechendes Chlormetall hätte bilden können. Hierauf gründet sich die Darstellung des Chlorgases aus Salzsäure und Braunstein (vergl. S. 9.).

Diejenigen Chlormetalle, welche den basischen Oxyden entsprechen, betrachtet man als Salze. Das dem Oxydul eines Metalles proportionale Salz wird *Chlorür*, und das dem Oxyd proportionale *Chlorid* genannt. Die den Säuren entsprechenden Verbindungsstufen nennt man *Superchlorür* und *Superchlorid*; z. B. Manganchlorür, Manganchlorid, Mangan-

superchlorid. — Oefters können sich die Chlormetalle unter einander zu Doppelsalzen verbinden, so wie sie auch mit Oxyden Verbindungen eingehen können (basische Chlormetalle).

Die meisten Chlormetalle sind schmelzbar und in stärkerem Feuer flüchtig. Nur wenige werden, ähnlich den Oxyden der edlen Metalle, durch Wärme in Metall und Chlorgas zersetzt, z. B. Chlorgold, Chlorplatin. Kein Chlormetall ist durch Glühen oder Schmelzen mit Kohle reducirbar. Viele werden aber durch Erhitzen in Wasserstoffgas, oder durch Erhitzen mit anderen Metallen reducirt.

Alles, was die Bildungsweise, Zusammensetzung und Zersetzung der Chlormetalle betrifft, gilt im Allgemeinen auch für die *Brom-*, *Jod-* und *Fluor-Metalle.* Aus den Brom- und Jod-Metallen wird das Brom und Jod durch Chlor ausgetrieben, unter Bildung von Chlormetall. Die meisten Fluormetalle bilden mit Fluorkiesel Doppel-Verbindungen.

Die *Cyanmetalle* können theils durch unmittelbare Vereinigung, die meisten aber nur durch Behandlung der Oxyde mit Cyanwasserstoff dargestellt werden. Sie sind Haloïdsalze, und sind den Chlorverbindungen desselben Metalles proportional. Sie sind alle feste Körper und werden meist in der Glühhitze zerstört. Mehrere derselben haben die Eigenschaft, sich mit den übrigen zu vereinigen.

*Kohlenstoff und Metalle.* Die Verbindungen der Metalle mit Kohlenstoff sind noch wenig bekannt. Stahl und Roheisen (Kohlenstoff-Eisen) sind die wichtigsten und am besten erforschten. Eben so verhält es sich mit den Verbindungen des *Kiesels* und *Bors.*

*Legirungen,* — werden im Allgemeinen die Verbindungen der Metalle unter sich genannt. Man erhält sie durch Zusammenschmelzung der Metalle. Häufig ist die Vereinigung von einer Feuererscheinung begleitet. Bekannte Verbindungen der Art sind das Messing (Zink und Kupfer), das Stückgut und Kanonengut (Zinn und Kupfer), das Münz- und Arbeitssilber (Kupfer und Silber). Wiewohl sich hierbei viele Metalle in allen Verhältnissen zusammenschmelzen lassen, so ist doch nicht zu zweifeln, daſs dabei jedesmal eine

eine Verbindung in bestimmtem Verhältnifs entsteht, die mit einem Ueberschufs des einen oder anderen Metalls zusammengeschmolzen und auch oft für sich und krystallisirt erhalten werden kann. Manche Metalle lassen sich übrigens mit gewissen anderen gar nicht verbinden. Die Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen nennt man *Amalgame*.

## Salze.

Die grofse Klasse der Verbindungen, die man Salze nennt, zerfällt in zwei Abtheilungen, in ***Haloïdsalze*** und ***amphotere Salze***.

***Haloïdsalze*** nennt man diejenigen Körper, welche aus der unmittelbaren Vereinigung eines Salzbilders mit einem basenbildenden Metall, oder aus der Vereinigung der Wasserstoffsäure eines Salzbilders mit einem basischen Metalloxyd entspringen; z. B. Chlornatrium, Cyansilber.

*Amphotere Salze* sind diejenigen, die aus der Vereinigung eines Oxyds mit einer Sauerstoffsäure, oder aus der Vereinigung eines basischen Schwefelmetalles mit einem Sulfid entstehen; z. B. chlorsaures Natriumoxyd, cyansaures Silberoxyd, Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium. Die ersteren nennt man ***Sauerstoffsalze***, die zweiten ***Schwefelsalze***.

1. ***Sauerstoffsalze.*** Wenn man mit einer Sauerstoffsäure eine hinreichende Menge eines Oxyds in Berührung bringt, so verschwinden die sauren Eigenschaften der Säure, sie vereinigt sich, gewöhnlich unter starker Erhitzung, mit dem Oxyd, sättigt sich oder neutralisirt sich damit, und der daraus entspringende neue Körper ist ein Sauerstoffsalz. Z. B. aus Salpetersäure und Kali (Kaliumoxyd) entsteht das unter dem Namen Salpeter bekannte Salz, aus Schwefelsäure und Kupferoxyd der Kupfervitriol, aus Schwefelsäure und Kalkerde der Gyps.

Das mit einer Säure verbundene Oxyd wird die ***Basis*** des Salzes genannt. Die wissenschaftlichen Namen der Salze werden aus dem Namen der Säure und dem der Basis gebildet, z. B. salpetersaures Kaliumoxyd (Salpeter), schwe-

felsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol), schwefelsaure Kalkerde (Gyps); schwefligsaures Eisenoxydul, unterschwefelsaure Kalkerde, u. s. w. *).

Für jedes Atom Sauerstoff, welches eine Basis enthält, nimmt diese in der Regel 1 Atom Säure auf. Im Allgemeinen sind also die Salze den darin enthaltenen Oxyden proportional zusammengesetzt. Ein so zusammengesetztes Salz heifst ein *neutrales* Salz.

Viele neutrale Salze gehen mit denselben Oxyden, die sie als Basen enthalten, Verbindungen ein. Solche Salze nennt man *basische* Salze. Die hinzugekommene Menge von Basis ist gleich der im neutralen Salz, oder steht sonst in einem einfachen Verhältnifs zu ihr.

Viele neutrale Salze können sich ferner mit bestimmten Atomgewichten der Säure, die sie enthalten, verbinden. Solche Verbindungen nennt man *saure* Salze. Die meisten sind eigentlich Doppelsalze, bestehend aus neutralem Salz und der wasserhaltigen Säure.

*Doppelsalze* sind Verbindungen von zwei neutralen Salzen, welche eine und dieselbe Säure, aber zwei verschiedene Basen enthalten.

*Hydrate* nennt man die Verbindungen der basischen Oxyde mit Wasser, worin dieses die Säure vorstellt. Sie sind also, gleich den wasserhaltigen Säuren, salzartige Verbindungen, meist so zusammengesetzt, dafs darin die Sauerstoffmenge des Wassers gleich ist der Sauerstoffmenge der Base. Manche Hydrate entstehen durch unmittelbare Vereinigung, andere durch wechselseitige Zersetzung von Salzen mit anderen Hydraten. Einige verlieren das Wasser schon bei 100°, andere verlieren es selbst in den höchsten Temperaturgraden nicht.

Viele Salze haben die Eigenschaft, sich wechselseitig zu zersetzen, so dafs die Säuren ihre Basen vertauschen; in diesem Falle entstehen aus zwei neutralen Salzen wieder zwei neutrale Salze, ohne dafs weder Säure noch Basis übrig bleibt; denn beide Salze zersetzen sich dabei in dem

*) Die lateinische Benennungsweise siehe im Anhang.

Verhältnifs ihrer Atomgewichte, es findet also jede Säure gerade so viel von der anderen Basis vor, als sie zur Sättigung bedarf.

Vermischt man z. B. eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd mit einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd, so zersetzen sich beide Salze und es entsteht daraus salpetersaures Kupferoxyd, welches aufgelöst bleibt, und schwefelsaures Bleioxyd, welches sich unlöslich abscheidet. Hierbei zersetzen sich beide Salze genau in dem Verhältnifs ihrer Atomgewichte, nämlich im Verhältnifs von 996,35 Th. wasserfreiem schwefelsauren Kupferoxyd und 2069,70 Th. salpetersaurem Bleioxyd. Ein Ueberschufs des einen oder des anderen Salzes bleibt unverändert. Man erhält 1895,39 Th. oder 1 Atomgew. schwefelsaures Bleioxyd, und 1170,66 Th. oder 1 Atomgew. salpetersaures Kupferoxyd.

Auf gleiche Weise zersetzen sich Haloïdsalze mit Sauerstoffsalzen. Eine Lösung von Chlornatrium mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd vermischt, gibt salpetersaures Natriumoxyd, welches aufgelöst bleibt, und Chlorsilber, welches sich als weifser Niederschlag abscheidet. Ein Atomgewicht Chlornatrium, $\mathrm{Na}\,\overline{\mathrm{Cl}}$, zersetzt sich mit 1 Atomgewicht salpetersaurem Silberoxyd, $\dot{\mathrm{A}}\mathrm{g}\,\overset{\therefore}{\overline{\mathrm{N}}}$, es entsteht $\dot{\mathrm{N}}\mathrm{a}\,\overset{\therefore}{\overline{\mathrm{N}}}$ und $\mathrm{Ag}\,\overline{\mathrm{Cl}}$. Oder 100 Theile Chlornatrium und 290 Theile salpetersaures Silberoxyd geben $244\frac{1}{2}$ Th. Chlorsilber und $145\frac{1}{2}$ Th. salpetersaures Natriumoxyd.

Eine Lösung von Kupferchlorid, vermischt mit einer Lösung von Natriumoxydhydrat, gibt Kupferoxydhydrat, welches sich als blauer Niederschlag abscheidet, und Chlornatrium, welches aufgelöst bleibt. Aus $\mathrm{Cu}\,\overline{\mathrm{Cl}}$ und $\dot{\mathrm{N}}\mathrm{a}\,\dot{\overline{\mathrm{H}}}$ entsteht $\dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}\,\dot{\overline{\mathrm{H}}}$ und $\mathrm{Na}\,\overline{\mathrm{Cl}}$.

Eisen, in eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gestellt, schlägt alles Kupfer in metallischer Form nieder, während in der Auflösung neutrales schwefelsaures Eisenoxydul entsteht. Hier verhält sich die Gewichtsmenge von gefälltem Kupfer zur Gewichtsmenge von aufgelöstem Eisen, wie sich das Atomgewicht des Kupfers zu dem des Eisens verhält, nämlich wie 395,6 : 350,5 oder wie 100 : 88,5.

Viele Salze, welche im Wasser entstehen, verbinden sich mit einer gewissen Menge Wassers chemisch, welches alsdann auf ihre Krystallform und häufig auf ihre Farbe wesentlichen Einfluſs hat (*Krystallwasser*). Die Anzahl der Wasser-Atome in den verschiedenen Salzen ist sehr verschieden. Zuweilen kann ein und dasselbe Salz, unter verschiedenen Umständen, *ungleiche* Mengen Wassers aufnehmen, und dann in verschiedenen Formen krystallisiren.

Manche krystallisirte Salze enthalten bis zu 24 Atomen Wasser, das oft mehr als die Hälfte ihres Gewichts ausmacht; andere krystallisirende nehmen niemals Wasser auf. Viele der wasserhaltigen Salze verlieren in trockner Luft oder beim Erwärmen ihren ganzen Wassergehalt oder Bruchtheile davon, sie *verwittern*. Beim Erhitzen schmelzen viele leicht, indem sich das Wasser ganz oder theilweise davon trennt, werden aber, bei derselben Temperatur, wieder fest, in dem Maaſse wie das Wasser verdunstet. Beim Uebergieſsen mit Wasser nehmen sie dasselbe Wasser wieder auf (Erhärten des gebrannten Gypses mit Wasser). Andere Salze ziehen umgekehrt die Feuchtigkeit aus der Luft an, lösen sich darin auf, *zerflieſsen* (Pottasche).

Mit wenigen Ausnahmen, kann jede Säure mit jeder Basis ein Salz bilden; die Anzahl der Salze ist daher sehr groſs. Auſser der unmittelbaren Vereinigung gibt es noch mehrere andere Wege, um Salze hervorzubringen, wie unter andern die obigen Beispiele der gegenseitigen Zersetzung zeigen; ferner die Umwandlung von Schwefelkupfer in schwefelsaures Kupferoxyd durch Glühen in der Luft. Theils sind die Salze in Wasser auflöslich, krystallisirbar, von salzigem oder im Allgemeinen von der Basis abhängendem, eigenthümlichem Geschmack; theils sind sie unauflöslich, geschmacklos, unkrystallisirbar, pulverförmig, selbst wenn sie Krystallwasser enthalten. Viele durch Kunst nicht krystallisirbare Salze kommen im Mineralreich krystallisirt vor.

2. *Schwefelsalze.* Sie entstehen aus der Verbindung einer Schwefelbasis mit einem Sulfid. Ihre Anzahl ist bei weitem nicht so groſs, wie die der Sauerstoffsalze, da es nicht so viele Sulfide gibt, wie Sauerstoffsäuren.

Die Schwefelsalze entstehen theils durch unmittelbare Vereinigung der Schwefelbasis mit dem Sulfid, theils durch Zersetzung eines Sauerstoffsalzes mit Schwefelwasserstoffgas, wie z. Z. arseniksaures Natriumoxyd, welches dadurch in Schwefelarsenik-Schwefelnatrium verwandelt wird, indem im Sauerstoffsalz die Sauerstoffatome durch eine gleiche Anzahl Schwefelatome ersetzt werden; — theils durch Auflösung eines Sulfids in aufgelöstem Kali, wodurch zugleich ein Sauerstoff- und ein Schwefelsalz entsteht.

Viele Schwefelsalze sind krystallisirbar, und sind in ihren allgemeinen äufsern Eigenschaften von den Sauerstoffsalzen nicht verschieden. Viele kommen in der Natur vor.

In ihrer Zusammensetzung folgen die Schwefelsalze denselben Gesetzen, wie die Sauerstoffsalze. Durch Sauerstoffsäuren werden sie im Allgemeinen so zersetzt, dafs sich das Sulfid abscheidet und sich Schwefelwasserstoffgas entwickelt, indem sich das Metall der Schwefelbasis, durch Wasserzersetzung, in ein Oxyd umwandelt, welches sich mit der zugesetzten Sauerstoffsäure verbindet.

Für diese Salze gibt es noch keine gute deutsche Benennungsweise. Vorläufig gebraucht man noch die lateinischen Namen dafür, und sagt z. B. *Sulfocarbonate*, *Sulfhydrate*, *Sulfarseniate*, für die vom Kohlensulfid, Wasserstoffsulfid, Arseniksulfid gebildeten Schwefelsalze, und nennt die einzelnen Salze *Natrium-Sulfocarbonat*, *Natrium-Sulfhydrat*, *Silber-Sulfarseniat* u. s. w.

---

*Vorkommen der Metalle.* In unverbundenem Zustand oder *gediegen*, wie die edlen Metalle, Kupfer; oder in Verbindungen (*vererzt*, *Erze*): 1) *oxydirt*, so die Metalle der Erden, die meisten Eisenerze; 2) als *Schwefelmetalle*, so Schwefelkupfer, Schwefelblei; 3) in Verbindung mit *Antimon* und *Arsenik*, so Nickel und Kobalt; 4) als *Chlormetalle*, wie Kochsalz; 5) als *Sauerstoffsalze*, wie schwefelsaure und kohlensaure Kalkerde (Gyps und Kalkstein). Weniger allgemein kommen die Selen-, Tellur-, Brom-, Jod- und Fluor-Metalle vor.

*Gewinnung.* Die chemischen Prozesse, wodurch die

nutzbaren Metalle im Grofsen aus ihren Erzen gewonnen werden und die den Gegenstand der *Hüttenkunde* ausmachen, sind verschieden und häufig sehr verwickelt, je nach der Natur des Erzes oder Metalles. Im Allgemeinen werden die Oxyde in eignen Oefen (*Schachtöfen* und *Flammöfen*) mit Kohlen geschmolzen und reducirt, indem die Kohle zugleich das Feuermaterial und das Reductionsmittel ausmacht; die Schwefelmetalle werden gewöhnlich durch *Rösten* zuerst in Oxyde verwandelt und darauf mit Kohle reducirt. Das die Erze begleitende Gestein schmilzt hierbei ebenfalls und bildet die *Schlacke*, deren Beschaffenheit häufig durch zugesetzte *Flüsse* (Flufsspath, Quarz, Kalkstein) verbessert und geregelt wird.

*Eintheilung der Metalle.* Nach ihrem chemischen Verhalten kann man die Metalle in verschiedene Gruppen classificiren, die jedoch in der Wirklichkeit nicht durch scharfe Grenzen getrennt sind; auch scheinen mehrere Metalle ungleiche allotropische Zustände anzunehmen und daher zu ungleichen Gruppen gehören zu können.

I. Metalle, welche das Wasser zersetzen, entweder bei gewöhnlicher oder in höherer Temperatur, oder bei Gegenwart einer Säure. Ihre niedrigsten Oxydationsstufen sind starke Basen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. *Kalium* | Metalle der Alkalien. | 17. *Cerium* | |
| 2. *Natrium* | | 18. *Lanthan* | |
| 3. *Lithium* | | 19. *Didymium* | |
| 4. *Ammonium* | | 20. *Mangan* | |
| 5. *Barium* | | 21. *Zink* | |
| 6. *Strontium* | | 22. *Kadmium* | |
| 7. *Calcium* | | 23. *Zinn* | |
| 8. *Magnesium* | | 24. *Uran* | |
| 9. *Aluminium* | Metalle der Erden. | 25. *Eisen* | durch Wasserstoff reducirbar. |
| 10. *Beryllium* | | 26. *Nickel* | |
| 11. *Yttrium* | | 27. *Kobalt* | |
| 12. *Erbium* | | | |
| 13. *Terbium* | | | |
| 14. *Zirconium* | | | |
| 15. *Norium* | | | |
| 16. *Thorium* | | | |

II. Metalle, die das Wasser nicht zersetzen und von denen wenigstens die niedrigeren Oxydationsstufen mit 1 Atom Sauerstoff Basen sind, während sich die höheren Oxyde, wo sie vorkommen, halb wie Säuren, halb wie Basen verhalten. Sie sind alle durch Wasserstoff reducirbar.

| | | |
|---|---|---|
| 1. *Quecksilber* | Edle Metalle. | 8. *Ruthenium* |
| 2. *Silber* | | 9. *Osmium* |
| 3. *Palladium* | | 10. *Blei* |
| 4. *Iridium* | | 11. *Wismuth* |
| 5. *Platin* | | 12. *Kupfer.* |
| 6. *Gold* | | |
| 7. *Rhodium* | | |

III. Metalle, die das Wasser nicht zersetzen und deren höchste Oxydationsstufen Säuren sind.

| | |
|---|---|
| 1. *Wolfram* | 5. *Titan* |
| 2. *Molybdän* | 6. *Tantal* |
| 3. *Vanadium* | 7. *Pelopium* |
| 4. *Chrom* | 8. *Niobium.* |

## I. Gruppe der Wasser zersetzende Metalle. Metalle der Alkalien un Erden.

Die Oxyde der unter dieser Abtheilung begriffenen Metalle zerfallen in 3 Klassen: *Alkalien*, *alkalische Erde* und *eigentliche Erden*, und werden mit den älteren Name benannt, die sie schon hatten, ehe man wufste, dafs si Oxyde sind.

*a*) *Alkalien* sind vier: Kali, Natron, Lithion und Ammoniak. Früher wurden sie auch Laugensalze genannt, wei Kali und Natron durch Auslaugung aus der Pflanzenasch erhalten werden. Sie sind in Wasser löslich.

*b*) *Alkalische Erden* sind vier: Baryterde, Strontianerde Kalkerde und Talkerde. Sie unterscheiden sich von de Alkalien durch ihre geringere Löslichkeit, und durch di Unlöslichkeit ihrer neutralen kohlensauren Salze.

*c*) *Eigentliche Erden* sind acht: Thonerde, Beryllerde Yttererde, Erbinerde, Terbinerde, Zirkonerde, Norerde un Thorerde. Sie sind in Wasser durchaus unauflöslich.

Die Alkalien und alkalischen Erden sind die stärkste Salzbasen. Sie haben, mit Ausnahme der weniger lösliche Talkerde, einen eigenthümlichen, ätzenden Geschmack (Laugengeschmack), und ihre Auflösungen haben, mit Ausnahm des ganz anders, eigenthümlich riechenden flüchtigen Ammoniaks, einen eigenen laugenartigen Geruch. Auf Pflanzen- und Thierstoffe wirken sie zerstörend (ätzend, kaustisch), daher die ältere Benennung *kaustische* Alkalien fü die reinen Alkalien. Sie färben gewisse blaue oder roth Pflanzenfarben (z. B. den Farbstoff von Veilchen, Rothkohl Rosen) grün, und das durch Säuren geröthete Lackmus bla (*alkalische* Reaction, im Gegensatz zu der *sauren*, S. 35.).

Kein Metall aus dieser Abtheilung kommt gediegen vor aber Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde und Thonerde bilden in Verbindung mit Säuren, namentlich Kieselsäure, die Haupt masse der Erdrinde.

Bis 1807 hielt man die Alkalien und Erden für einfache Körper; in diesem Jahre aber entdeckte Humphry Davy, daſs Kali und Natron durch den electrischen Strom einer starken voltaischen Säule in Metalle und Sauerstoff zerlegt werden können, woraus alsdann auf die zusammengesetzte Natur auch der übrigen zu dieser Abtheilung gehörigen Körper geschlossen werden konnte.

## 1. Kalium.

*Vorkommen.* Als Kali in Verbindung mit mehreren Säuren, vorzüglich mit Kieselsäure; so hauptsächlich in dem allgemein verbreiteten Feldspath und Glimmer. Mit Pflanzensäuren in den Pflanzensäften, daher in der Asche der Pflanzen.

*Eigenschaften.* Zinnweiſses, stark glänzendes, sehr weiches, geschmeidiges Metall, von 0,865 spec. Gewicht; bei 0° hart und brüchig, und bei + 55° vollkommen flüssig; verdampft in der Rothglühhitze und bildet ein grünes Gas.

In der Luft läuft das Kalium sogleich an und oxydirt sich zu Kali, daher man es unter Steinöl aufzubewahren pflegt. In der Luft geschmolzen, entzündet es sich und verbrennt mit Flamme. Auf Wasser geworfen, entzündet es sich augenblicklich und verbrennt mit rother Flamme; ohne Luftzutritt entwickelt es aus dem Wasser mit groſser Heftigkeit Wasserstoffgas; in beiden Fällen löst sich das entstehende Kali in Wasser auf. Auſserdem entzieht das Kalium bei erhöhter Temperatur, meist unter Feuerentwickelung, den meisten oxydirten Körpern den Sauerstoff, daher verbrennt es, auſser in Sauerstoffgas, auch in allen übrigen sauerstoffhaltigen Gasarten, z. B. im Stickoxydgas, im Kohlensäuregas. Eben so verbrennt es in Chlorgas und entzieht den meisten Chlorverbindungen, unter Feuerentwickelung, das Chlor; ferner in Schwefelwasserstoffgas, in Phosphorwasserstoffgas, in Fluorkieselgas u. s. w., unter Zersetzung dieser Gase und Bildung von Kaliumverbindungen.

*Darstellung.* *a*) Durch Zersetzung von Kalihydrat vermittelst des electrischen Stroms. *b*) Durch Zersetzung von Kalihydrat mittelst metallischen Eisens in der Weiſsglühhitze.

c) Durch Destillation eines Gemenges von kohlensaurem Kali und Kohle (geglühtem Weinstein) in der Weifsglühhitze aus einer Retorte von Schmiedeeisen.

*Kali*, Kaliumoxyd. — Durch Verbrennung von Kalium in trocknem Sauerstoffgas. Weifsgraue, schmelzbare, harte Masse. Löst sich in Wasser mit äufserst heftiger Erhitzung auf. Besteht aus:

| | | In 100 Th. |
|---|---|---|
| 1 Atom Kalium | = 488,856 | 83,02 |
| 1 Atom Sauerstoff | = 100,000 | 16,98 |
| 1 Atom Kali = $\dot{K}$ | = 588,856 | 100,00. |

Wegen seiner sehr ausgedehnten Anwendung in den Gewerben, namentlich zum Glasmachen und Seifesieden, wird das Kali aus der Holzasche und überhaupt Pflanzenasche im Grofsen gewonnen. Die Asche, welche aufser anderen, meist unlöslichen Bestandtheilen, auflösliches kohlensaures Kali enthält, wird mit Wasser ausgelaugt, und diese Lauge abgedampft, wodurch eine braune, zerfliefsliche Salzmasse erhalten wird, *rohe Pottasche*. Diese wird alsdann, zur Zerstörung der noch vorhandenen färbenden Stoffe, in eigenen Oefen geglüht (calcinirt), und kommt nun unter dem Namen *Pottasche* in den Handel.

Die Pottasche ist ein, mit anderen Salzen mehr oder weniger verunreinigtes kohlensaures Kali und in dieser Gestalt wird das meiste Kali verbraucht. Sie ist eine feste weifse, häufig auch grünlich oder bläulich gefärbte Masse, zerfliefst in der Luft, und hat einen scharfen alkalischen Geschmack. Durch Auflösen in sehr wenigem Wasser, Abseihen der Kieselerde, Auskrystallisiren der fremden Salze und Eindampfen der übrig bleibenden Auflösung, bereitet man daraus ein reineres kohlensaures Kali.

Aus dem kohlensauren Kali bereitet man das reine Kali, welches man aber auf diesem Wege stets nur als *Kalihydrat* erhalten kann; denn das kohlensaure Kali verliert, selbst in der strengsten Weifsglühhitze, so wenig seine Kohlensäure, wie das Kalihydrat sein Wasser. Zu diesem Endzweck wird 1 Th. reines kohlensaures Kali in wenigstens 10 Th. Wasser aufgelöst, und die Auflösung in einem blanken eisernen oder

silbernen Kessel zum Kochen gebracht. Alsdann wird, unter fortfahrendem Kochen, nach und nach in kleinen Antheilen reiner gelöschter Kalk hinzugegeben, welcher dem Kali die Kohlensäure entzieht und sich als unauflöslicher kohlensaurer Kalk absetzt, von dem die geklärte Kalilösung abgelassen wird; zu 1 Th. kohlensaurem Kali ist der gelöschte Kalk von $\frac{1}{2}$ Th. gebranntem Kalk nöthig. Die geklärte Auflösung (kaustische Lauge) wird hierauf in einem blanken eisernen oder silbernen Gefäfs rasch bis zur Trockne eingedampft, und das zurückbleibende Kalihydrat in einem silbernen Tiegel bei Glühhitze geschmolzen.

*Das Kalihydrat* (Aetzstein, kaustisches Kali) ist weifs, hart, spröde; zerfliefst sehr schnell in der Luft; löst sich in Wasser mit starker Erhitzung auf, ist auch in Alkohol löslich; schmeckt höchst ätzend, und wirkt auf die meisten Pflanzen- und Thierstoffe verändernd oder zerstörend. Seine Auflösung greift das Glas an, und beim Schmelzen in thönernen Gefäfsen löst es dieselben auf. Aus der Luft zieht es, mit dem Wasser, auch sehr rasch die Kohlensäure an. Schmilzt noch unter der Glühhitze, und fliefst wie ein Oel; verdampft in stärkerer Hitze, ohne sein Hydratwasser zu verlieren. Kali und Wasser enthalten darin gleich viel Sauerstoff, d. h. es besteht aus 1 Atom Kali und 1 Atom Wasser (= 16 Procent) = $\dot{K}\dot{H}$.

Das Kali ist die stärkste Salzbasis und scheidet alle übrigen Basen aus ihren Salzen aus.

Das Kalium hat aufserdem noch ein gelbes *Superoxyd*, das sich in Wasser, unter Entwickelung von Sauerstoffgas, auflöst.

*Schwefelkalium.* — Kalium und Schwefel zusammengeschmolzen, vereinigen sich unter starker Feuerentwickelung. Nach Umständen können sich beide Stoffe nach mehreren Verhältnissen mit einander vereinigen.

Das niedrigste oder *Einfach*-Schwefelkalium ist eine dunkelrothe, krystallinische, schmelzbare Masse, in Wasser ohne Farbe leicht löslich, zerfliefst schon in der Luft, und entwickelt mit Säuren Schwefelwasserstoffgas, ohne Abscheidung von Schwefel. In der Luft erhitzt, verbrennt es zu

schwefelsaurem Kali. Es wird erhalten, indem man neutrales schwefelsaures Kali mit Kohle glüht oder in Wasserstoffgas erhitzt *). In aufgelöster Form erhält man es, indem man eine Lösung von Kalihydrat in zwei gleiche Hälften theilt, die eine vollkommen mit Schwefelwasserstoffgas sättigt und dann die andere zumischt. — Dieses Schwefelkalium ist die stärkste Schwefelbasis, und besteht aus 1 Atom Kalium und 1 At. Schwefel, $= KS$.

Schmilzt man gleiche Theile kohlensaures Kali und Schwefel bei gelinder Hitze zusammen, so entsteht, unter Entweichung der Kohlensäure, eine braune, spröde Masse, die ehemals sogenannte *Schwefelleber*. Sie besteht aus einem Gemenge von $\frac{1}{4}$ schwefelsaurem Kali und $\frac{3}{4}$ *Fünffach*-Schwefelkalium, welches fünfmal so viel Schwefel wie das erste enthält, $= KS^5$. Dieses Schwefelkalium riecht und schmeckt nach Schwefelwasserstoff, zerfliefst an der Luft und löst sich mit gelber Farbe in Wasser auf. Säuren entwickeln daraus Schwefelwasserstoffgas, unter gleichzeitiger Fällung von weifsem pulverförmigen Schwefel (Schwefelmilch).

Auf dieselbe Weise bildet sich durch Zusammenschmelzen von Schwefel und Kalihydrat, und durch Kochen von Schwefel mit kaustischer Kalilauge Schwefelkalium; in letzterem Falle aber bildet sich zugleich nicht schwefelsaures, sondern dithionigsaures Kali. Wird eine Auflösung von Schwefelkalium in Berührung mit der Luft gelassen, so absorbirt sie rasch Sauerstoffgas, und das Schwefelkalium verwandelt sich zuerst in dithionigsaures, zuletzt in schwefelsaures Kali; die höheren Schwefelungsstufen setzen dabei zugleich Schwefel ab.

*Selenkalium* ist in Wasser mit rother Farbe löslich. An der Luft setzt die Lösung alles Selen als röthlich-schwarzes Pulver ab; mit Säuren entwickelt sie Selenwasserstoff.

---

*) Glüht man schwefelsaures Kali mit viel mehr Kohle als zu seiner Reduction erforderlich ist, z. B. 2 Th. Salz mit 1 Th. Kienrufs, so bekommt man ein Schwefelkalium, welches, in Folge seines höchst fein zertheilten Zustandes und durch die zwischengelagerten Kohlentheilchen, sich von selbst an der Luft entzündet. Diese Masse heifst *Pyrophor*.

*Tellurkalium* wird von Wasser mit tief purpurrother Farbe gelöst. An der Luft setzt die Lösung rasch alles Tellur als graues Pulver ab; mit Säuren entwickelt sie Tellurwasserstoffgas.

*Phosphorkalium.* Phosphor und Kalium, bei Ausschlufs der Luft zusammengeschmolzen, vereinigen sich mit Feuerentwickelung zu einer braunen Masse, die in Wasser Phosphorwasserstoffgas entwickelt.

*Arsenikkalium.* Kalium und Arsenik vereinigen sich unter starker Feuererscheinung. Die Verbindung ist braun und entwickelt mit Wasser Arsenikwasserstoffgas unter Abscheidung von Arsenik.

*Antimonkalium* entsteht unter Feuererscheinung. Es wird auch gebildet durch Zusammenschmelzen von Antimon mit Kohle und kohlensaurem Kali. Metallglänzend. Entwickelt in Wasser reines Wasserstoffgas unter Abscheidung des Antimons.

## Salze.

Die Kaliumsalze sind daran erkennbar, dafs in ihrer Auflösung eine concentrirte Auflösung von Weinsäure oder Ueberchlorsäure einen weifsen, krystallinischen, und eine Chlorplatin-Lösung einen gelben Niederschlag (von zweifachweinsaurem oder überchlorsaurem Kali oder Chlorplatinkalium) bewirkt.

*Chlorkalium*, KCl. — Krystallisirt in farblosen, durchsichtigen Würfeln; schmeckt wie Kochsalz, ist in Wasser leicht löslich, schmilzt in der Glühhitze. Entsteht bei der von selbst erfolgenden Entzündung von Kalium in Chlorgas; ferner durch Auflösen von kohlensaurem Kali in Salzsäure, oder Glühen desselben in Chlorgas. Wird auch bei mehreren technischen Operationen als Nebenproduct gewonnen.

*Brom-*, *Jod-* und *Fluor-Kalium* krystallisiren alle in Würfeln, verhalten sich ähnlich dem vorhergehenden, und werden auf gleiche Weise gebildet. Das Jodkalium erhält man am besten durch Fällung einer Lösung von Eisenjodür mit kohlensaurem Kali. *Fluorkieselkalium*, $3KF + 2SiF^3$, bildet ein weifses, fast unlösliches Pulver, und scheidet sich

als ein durchscheinender unkrystallinischer, farbenspielender Niederschlag ab, wenn man Fluorkieselwasserstoffsäure mit Kali sättigt. Dient zur Darstellung des Kiesels mittelst Kaliums.

*Cyankalium*, $KCy$. Entsteht durch Verbrennen von Kalium in Cyangas; unrein durch Glühen von Pottasche mit thierischen Substanzen. Wird am vortheilhaftesten erhalten durch Schmelzen eines innigen Gemenges von 8 Th. wasserfreiem Kaliumeisencyanür, 3 Th. geglühtem Weinstein und 1 Th. Kohlenpulver, oder durch Sättigung einer Auflösung von Kalihydrat in Alkohol mit Cyanwasserstoffsäure. — Farblos, in Würfeln krystallisirend, leicht schmelzbar; reagirt alkalisch, schmeckt und riecht nach Blausäure, sehr giftig. An der Luft oder mit Bleioxyd geschmolzen, verwandelt es sich in cyansaures Kali, unter Reduction des Bleis. In Wasser leicht löslich; durch Kochen dieser Auflösung wird es in Ammoniak und ameisensaures Kali verwandelt.

*Rhodankalium*, $K + C^2NS^2$, entsteht durch Erwärmen einer Auflösung von Cyankalium mit Schwefelblumen. Am zweckmäſsigsten erhält man es durch Zusammenschmelzen von 46 Th. wasserfreiem Kaliumeisencyanür, 17 Th. kohlensaurem Kali und 32 Th. Schwefel. Aus der Masse wird es mit heiſsem Alkohol ausgezogen. Groſse, farblose Prismen, in Wasser unter starker Kälteerzeugung löslich. Leicht schmelzbar.

*Schwefelsaures Kali*. Das *neutrale*, $\dot{K}\dddot{S}$, krystallisirt in harten, schwerlöslichen, bitterlich schmeckenden Krystallen ohne Wasser. Nebenproduct von der Bereitung der Salpetersäure und Schwefelsäure. Das *saure* oder *zweifach*-schwefelsaure Kali, $\dot{K}\dddot{S} + \dot{H}\dddot{S}$, krystallisirt ebenfalls, schmeckt sauer, ist leicht löslich, leicht schmelzbar und verliert dabei sein Wasser und bei anhaltender Glühhitze seine überschüssige Säure. Es wird durch Zusammenschmelzen des neutralen mit seinem halben Gewicht Schwefelsäure, oder als Nebenproduct bei der Bereitung der Salpetersäure erhalten.

*Selensaures Kali*, $\dot{K}\dddot{Se}$, krystallisirt in derselben Form wie das schwefelsaure.

*Phosphorsaures Kali*, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{P}}+2\dot{\overline{H}}$, bildet grofse, leicht lösliche Krystalle.

*Arseniksaures Kali*, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}+2\dot{\overline{H}}$, bildet grofse, luftbeständige, leicht lösliche Krystalle, von derselben Form wie das phosphorsaure Salz. Wird am besten erhalten durch Schmelzen von arseniger Säure mit dem gleichen Gewicht salpetersauren Kali's.

*Antimonsaures Kali*, entsteht durch Erhitzen von Antimon mit Salpeter, wobei sich ersteres unter Feuererscheinung oxydirt. Kochendes Wasser zieht aus der Masse neutrales Salz aus, welches nur schwer krystallisirt. Der im Wasser unlösliche weifse Rückstand ist $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Sb}^2$.

*Salpetersaures Kali*, Salpeter, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}$. — Säulenförmige, gestreifte, inwendig gewöhnlich hohle Krystalle, von kühlendem, scharf salzigem Geschmack; 100 Th. Wasser von 0° lösen 13 Th., und von 97° 236 Th. Salpeter auf. Schmilzt in der Glühhitze und erstarrt beim Erkalten zu einer undurchsichtigen krystallinischen Masse. Entwickelt in stärkerer Hitze Sauerstoffgas und verwandelt sich in salpetrigsaures Kali. Veranlafst in der Glühhitze mit Kohle, Schwefel, Phosphor, Eisen, Zink heftige Verbrennung (Verpuffung). — Der Salpeter wird in sehr grofser Menge verbraucht, namentlich zum Schiefspulver und bei der Gewinnung der Schwefelsäure und Salpetersäure. Er wird daher im Grofsen gewonnen, zum Theil aus dem, welcher an manchen Orten aus der Erde auswittert (Ungarn), oder durch Auslaugen eines in mehreren Ländern vorkommenden eigenen Kalksteins (in den Salpetergrotten, z. B. in Apulien, auf Ceylon), am allgemeinsten aber aus der künstlich zubereiteten, sogenannten Salpetererde, einem Gemenge von kali- und kalkhaltiger Erde mit verwesenden stickstoffhaltigen Pflanzen- und Thierstoffen, die, in Haufen aufgeschüttet und stets angefeuchtet, jahrelang der Luft ausgesetzt, und alsdann mit Wasser ausgelaugt wird. Aus den Laugen wird zuerst der noch braune rohe Salpeter, und aus diesem durch Umkrystallisiren der reine Salpeter gewonnen. — Das *Schiefspulver* ist ein inniges Gemenge von 76 Th. Salpeter, 11 Th. Schwefel und 13 Th. Kohle, welche Verhältnisse sich aber für verschiedene Pulversorten ändern.

*Chlorsaures Kali*, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Cl}$. — Bildet gewöhnlich perlmutterglänzende Krystallblättchen, schmeckt salpeterartig, ist in kaltem Wasser schwerlöslich, schmilzt bei gelinder Hitze ohne Zersetzung, zersetzt sich bei stärkerer in Sauerstoffgas, Chlorkalium und überchlorsaures Kali, und verwandelt sich zuletzt ganz in Chlorkalium; detonirt, mit brennbaren Körpern (Schwefel, Phosphor) gemengt, schon durch Stoſs oder Reiben mit heftigem Knall und Feuer. Wird erhalten, indem man eine Auflösung von kaustischem Kali oder vortheilhafter ein inniges Gemenge von = Atomgewichten $\dot{K}\ddot{C}$ und Kalkhydrat mit Chlorgas sättigt (vergl. S. 53.); dient zur Verfertigung der Zündhölzchen.

*Ueberchlorsaures Kali*, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Cl}$, bildet kleine, höchst schwerlösliche Krystalle. Bildung s. S. 53.

*Jodsaures Kali*, $\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{I}$. Sehr kleine, schwerlösliche Krystalle. Scheidet sich als weiſses Pulver ab bei der Auflösung von Jod in concentrirter Kalilauge.

*Kohlensaures Kali*. Das *neutrale*, $\dot{K}\ddot{C}$, ist gewöhnlich eine weiſse, unkrystallisirte, stark alkalisch schmeckende und reagirende Masse; zerflieſst schnell in der Luft, schmilzt in starker Glühhitze. Bildet im unreinen Zustande die Pottasche. Auſser aus dieser, kann es auch durch Glühen von Weinstein (weinsaurem Kali) und Auslaugen der verkohlten Masse erhalten werden. Das *saure* oder *zweifach*-kohlensaure Kali, $\dot{K}\ddot{C} + \dot{H}\ddot{C}$, krystallisirt in durchsichtigen, nicht zerflieſslichen Krystallen; es verliert in der Hitze, nebst dem Krystallwasser, die Hälfte der Säure. Durch Kochen seiner Auflösung verliert es nur $\frac{1}{4}$ seiner Kohlensäure und verwandelt sich in *anderthalb*-kohlensaures Kali, $\dot{K}^2\ddot{C}^3$. — Wird erhalten, wenn man feuchte Pottasche oder verkohlten Weinstein sich mit Kohlensäuregas sättigen läſst, z. B. über gährender Branntweinmaische.

*Oxalsaures Kali*. Das saure oxalsaure Kali, $\dot{K}\dddot{C} + \dot{H}\dddot{C} + 2\dot{H}$, ist unter dem Namen *Kleesalz* bekannt und wird aus dem Safte des Sauerklee's (Oxalis acetosella) gewonnen. Es bildet weiſse, schwerlösliche, sauer schmeckende Kry-

Krystalle. Durch Sättigung desselben mit kohlensaurem Kali erhält man das ebenfalls krystallisirende, leicht lösliche neutrale.

*Kieselsaures Kali* macht einen Bestandtheil vieler Mineralien aus, so z. B. vom Feldspath. Kieselsäure (gepulverter Quarz) mit kohlensaurem Kali zusammengeschmolzen, treibt die Kohlensäure aus, unter Bildung von kieselsaurem Kali, wovon es mehrere gibt, theils auflöslich in Wasser und durch Säuren, unter Abscheidung gallertartiger Kieselsäure, zersetzbar, theils unauflöslich, wie es namentlich im *Glas* enthalten ist (s. S. 103. kieselsaures Natron). Durch Zusammenschmelzen von 10 Th. kohlensaurem Kali, 15 Th. feinem Quarzpulver und 1 Th. Kohlenpulver erhält man das sogenannte *Wasserglas*, eine in Wasser lösliche Glasmasse, deren Auflösung auf Holz, Tapeten u. s. w. zu einem glasigen, vor Feuer schützenden Firnifs eintrocknet, und daher auch in dieser Absicht angewendet wird.

*Cyansaures Kali*, $\dot{K}\dot{C}y$. Krystallisirt in farblosen, dem chlorsauren Kali ähnlichen Schuppen, von salpeterartigem Geschmack. Ohne Zersetzung schmelzbar. In Wasser leicht löslich. Die Auflösung verwandelt sich bald, besonders beim Erhitzen, in zweifach-kohlensaures Kali und Ammoniak, welches verdunstet. Darstellung siehe S. 63.

*Kalium-Sulfhydrat* (Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium), $KS + HS$ oder $\overset{\prime}{K}\overset{\prime}{H}$, bildet grofse, farblose, in der Luft zerfliefsliche, scharf alkalisch schmeckende Krystalle, worin Basis und Säure gleichviel Schwefel enthalten. Wird erhalten durch Sättigung von Kalihydrat mit Schwefelwasserstoffgas, oder durch Glühen von Schwefelkalium oder kohlensaurem Kali in Schwefelwasserstoffgas.

Durch Auflösung der Sulfide von Kohlenstoff, Arsenik und Antimon in einer Lösung von Schwefelkalium werden die Kalium-Schwefelsalze dieser Sulfide gebildet. Sie sind schwer oder gar nicht krystallisirbar.

Wird amorphes antimoniges Sulfid mit einer Lösung von Schwefelkalium übergossen, so ändert es seine rothe Farbe in eine braune um, indem es Schwefelkalium aufnimmt. Eine ähnliche braune Verbindung, gemengt mit An-

timonoxyd, wird erhalten durch Auflösen von gepulvertem schwarzen Schwefelantimon in einer siedenden Lösung von kohlensaurem Kali, bei deren Erkalten es sich absetzt. Dieses Präparat wird in der Pharmacie *Kermes minerale* genannt.

---

*Legirungen des Kaliums.* Das Kalium vereinigt sich mit den meisten Metallen. Im Allgemeinen entwickeln diese Legirungen in Wasser Wasserstoffgas, unter Oxydation des Kaliums und Zurücklassung des anderen Metalles.

## 2. Natrium.

*Vorkommen.* Als Natron mit Kieselsäure in vielen Mineralien, ferner im natürlichen kohlensauren, schwefelsauren, salpetersauren und borsauren Natron; in der gröfsten Menge als Chlornatrium (Steinsalz, Seesalz, Kochsalz).

*Eigenschaften.* Im Allgemeinen die des Kaliums; spec. Gewicht 0,972. Oxydirt sich etwas weniger leicht als das Kalium; entzündet sich nicht auf kaltem Wasser, oxydirt sich aber, darauf herumschwimmend, mit grofser Heftigkeit und Wasserstoffgas-Entwickelung. Auf heifsem entzündet es sich.

*Darstellung.* Wie die des Kaliums.

*Natron.* Eigenschaften und Bildung, wie beim Kali; besteht aus 1 Atom Metall und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{N}a$, und enthält 25,65 Proc. Sauerstoff.

Das Natron wird in den Gewerben in gleicher Menge, und im Ganzen zu denselben Endzwecken, wie das Kali, gebraucht; es wird daher auf mehrfache Art im Grofsen, und zwar stets als kohlensaures Natron, gewonnen.

*a*) In mehreren Ländern wittert in manchen Gegenden kohlensaures Natron in so grofser Menge aus der Erde aus, dafs es zum Gebrauch gesammelt und gereinigt werden kann.

*b*) In anderen Ländern wird es durch Verbrennung gewisser, an dem Meeresstrande wachsender und cultivirter Pflanzen (besonders Salsola- und Salicornia-Arten) gewonnen; die zurückbleibende Asche ist geschmolzen und bildet

graue, steinartige Massen, bekannt im Handel unter dem Namen *Soda* (Arten davon: Barille, Varec, Kelp u. s. w.). Sie enthält als wesentlichen Bestandtheil kohlensaures Natron.

*c*) Das meiste Natron wird jetzt aus schwefelsaurem Natron (Glaubersalz) gewonnen, welches zu diesem Endzwecke aus Kochsalz und Schwefelsäure dargestellt, und wobei Salzsäure als Nebenproduct gewonnen wird. Das wasserfreie Glaubersalz wird mit gleichen Theilen gepulvertem kohlensauren Kalk (Kreide) und $\frac{3}{5}$ Kohlenpulver genau gemengt und in einem Calcinirofen so lange geglüht, bis die Masse dickflüssig, teigartig geworden ist, worauf sie aus dem Ofen genommen wird (*künstliche rohe Soda*). Sie besteht nun aus einem Gemenge von Schwefelcalcium und kohlensaurem Natron, welches letztere daraus durch Auslaugen mit Wasser und Krystallisiren gewonnen wird.

Das *Natronhydrat*, kaustische Natron, wird aus dem krystallisirten kohlensauren Natron erhalten, wenn man dieses in der 8fachen Gewichtsmenge Wassers auflöst und in einem verschliefsbaren Gefäfs mit 1 Th. Kalkhydrat unter öfterem Umschütteln mehrere Stunden lang in Berührung läfst. Es unterscheidet sich in seinem ganzen Verhalten so wenig vom Kalihydrat, dafs fast alles von diesem Gesagte auch von jenem gilt. Es zerfliefst nicht an der Luft, sondern wird nur feucht und verwandelt sich dann bald in trocknes kohlensaures Salz. Es enthält 22,5 Procent oder 1 At. Wasser, welches nicht durch Weifsglühhitze auszutreiben ist.

Zum *Schwefel*, *Phosphor* u. s. w. verhält sich das Natrium wie das Kalium.

## Salze.

Sehr ähnlich den Kaliumsalzen; viele enthalten viel Krystallwasser und verwittern. Mit Fluorkieselwasserstoffsäure geben sie einen durchscheinenden Niederschlag von Fluorkieselnatrium, der unter dem Microscop aus Krystallen bestehend erscheint, während der entsprechende Niederschlag von Kaliumsalzen ganz amorph ist. Von diesen unterscheiden sie sich ferner dadurch, dafs sie mit antimonsaurem Kali

einen krystallinischen Niederschlag von antimonsaurem Natron geben.

*Chlornatrium*, Steinsalz, Kochsalz, Seesalz, Na Cl. Krystallisirt in Würfeln, häufig pyramidenförmig zusammengefügt; durchsichtig oder durchscheinend; von rein salzigem Geschmack; verknistert heftig beim Erhitzen, schmilzt in der Glühhitze und verdampft, erstarrt beim Erkalten wieder krystallinisch. In heifsem Wasser kaum löslicher als in kaltem. Die gesättigte Auflösung enthält 27 Procent Salz. Unter 0° krystallisirt es daraus in 6seitigen Tafeln mit 4 oder 6 At. Krystallwasser, welches sich über 0° wieder davon trennt, unter Zurücklassung von würfelförmigem wasserfreien Salz. Besteht in 100 Th. aus 39,5 Th. Natrium und 60,5 Th. Chlor. — Das Chlornatrium wird, wegen seines grofsen Verbrauchs, in aufserordentlicher Menge gewonnen: *a*) bergmännisch als Steinsalz; *b*) durch Abdampfen seiner als Salzquellen (Salzsoolen) natürlich vorkommenden Auflösung; *c*) durch Verdunsten des Meerwassers in der Sonnenwärme.

*Brom-*, *Jod-* und *Fluor-Natrium* krystallisiren ebenfalls in Würfeln, und haben auch sonst mit dem Kochsalz grofse Aehnlichkeit.

*Schwefelsaures Natron*, Glaubersalz, $\dot{Na}\dddot{S} + 10\dot{H}$. Grofse, klare, in der Luft verwitternde Krystalle, von kühlendem, bitterlich-salzigem Geschmack; 100 Th. Wasser von 0° lösen 12 Th., von 18° 48 Th., von 33°, wo das Maximum der Löslichkeit ist, 322 Th. Glaubersalz auf. Die 10 Atome Krystallwasser machen 55,76 Procent aus, das es beim Verwittern verliert. Schmilzt leicht beim Erwärmen in seinem Krystallwasser. Findet sich in vielen Mineralwassern; wird im Grofsen aus Kochsalz und Schwefelsäure, und als Nebenproduct aus der Mutterlauge der Salinen, bei der Salmiakgewinnung und mehreren anderen Prozessen gewonnen; dient zur Fabrication der künstlichen Soda und des Glases; ist auch als Arzneimittel wichtig. — Aus einer gesättigten Auflösung bei + 40° krystallisirend, schiefst es in wasserfreiem Zustande mit anderer Krystallform an. Wird eine bei 33° gesättigte Lösung zum Sieden erhitzt, so schei-

det sich eine Menge Salz in wasserfreiem Zustande als ein Salzpulver ab. Auch bildet es ein saures Salz. Wasserfreies schwefelsaures Natron mit schwefelsaurem Kali zu gleichen Atomgewichten zusammengeschmolzen, gibt nach dem Erstarren eine glasige, amorphe Masse. Aus ihrer siedendheifs gesättigten Lösung in Wasser setzt sich unter lebhafter Lichtentwickelung ein krystallisirtes Doppelsalz ab, welches beim Umkrystallisiren die Lichtentwickelung nicht wieder zeigt.

*Dithionsaures Natron*, $\dot{\mathrm{Na}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{\mathrm{S}}} + 2\dot{\bar{\mathrm{H}}}$, krystallisirt in grofsen, luftbeständigen Prismen. Man erhält es durch Zersetzung einer Auflösung von unterschwefelsaurem Manganoxydul (s. S. 40.) mit einer Auflösung von Schwefelnatrium oder kohlensaurem Natron.

*Dithionigsaures Natron*, $\dot{\mathrm{Na}}\ddot{\bar{\mathrm{S}}}$, bildet grofse, leicht lösliche Krystalle. Es entsteht, wenn man eine concentrirte Lösung von Schwefelnatrium sich an der Luft oxydiren läfst, oder wenn man in Aetznatronlauge Schwefel bis zur Sättigung auflöst, und diese Auflösung alsdann mit schwefligsaurem Gas sättigt.

*Salpetersaures Natron*, $\dot{\mathrm{Na}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{\mathrm{N}}}$, krystallisirt in rhomboëdrischen Krystallen; verhält sich im Ganzen wie Salpeter, und wird wie dieser gebraucht. Findet sich natürlich in einem unerschöpflichen Lager in Peru.

*Unterchlorigsaures Natron*, $\dot{\mathrm{Na}}\bar{\mathrm{Cl}}$, entsteht durch Einleiten von Chlorgas in eine Auflösung von kohlensaurem Natron. Die Flüssigkeit enthält nachher zugleich Chlornatrium und zweifach-kohlensaures Natron. Dient zur Zerstörung fauler Gerüche und Ansteckungsstoffe.

*Phosphorsaures Natron.* 1) *ᶜPhosphorsaures Natron*, $(\dot{\mathrm{Na}}^2\dot{\bar{\mathrm{H}}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{\mathrm{P}}}) + 24\dot{\bar{\mathrm{H}}}$. Ist im Harn enthalten. Wird durch Sättigung der aus den Knochen gewonnenen Phosphorsäure mit kohlensaurem Natron bereitet. Bildet grofse, klare, leicht verwitternde Krystalle; reagirt alkalisch. Enthält 64,15 Procent oder 25 Atome Wasser, wovon es, bei Temperaturen unter 100° erwärmt, 24 Atome verliert; das 25ste geht erst beim Glühen weg und gehört zur Basis. Mit neutralen Silbersalzen bildet es einen Niederschlag von gelbem

$\dot{A}g^3\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$. — Läſst man das Salz bei + 31° krystallisiren, so nimmt es nur 17 Atome Wasser auf, wovon 16 unter 100° weggehen, das 17te erst beim Glühen.

Wird diesem Salz noch eben so viel Phosphorsäure, als es schon enthält, zugesetzt und abgedampft, so krystallisirt das Salz $(\dot{N}a\dot{H}^2\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}) + 2\dot{H}$. Es enthält im Ganzen 26 Procent Wasser, wovon bei einer gewissen Temperatur die Hälfte weggeht. Die anderen 2 Atome, die zur Basis gehören, gehen erst bei stärkerem Erhitzen weg. Erwärmt man es bis zu 200°, so verliert es 3 Atome Wasser, und ist dann $(\dot{N}a\dot{H}) + \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$, welches in Wasser sehr löslich und nicht krystallisirbar ist. Es gibt dieselben Niederschläge, wie das [b]phosphorsaure Natron. 2) Erhitzt man dieses Salz bis fast zum Glühen, so wird es zu [a]*phosphorsaurem Natron*, $\dot{N}a\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$. Dieses ist eine in Wasser unlösliche Salzmasse. Erhitzt man aber das Salz bis zum Schmelzen, so erhält man es in auflöslichem Zustand, und selbst an der Luft zerflieſsend.

3) [b]*Phosphorsaures Natron*, $\dot{N}a^2\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$, entsteht durch Glühen des verwitterten $\dot{N}a^2\dot{H} + \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$, welches dann nach dem Wiederauflösen und Krystallisiren ein ganz anderes Salz geworden ist. Es enthält nun 40,7 Procent oder 10 Atome Krystallwasser, und verwittert nicht in der Luft. Mit neutralen Silbersalzen bildet es einen weiſsen Niederschlag von $\dot{A}g^2\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{P}}$.

*Arseniksaures Natron.* Die Arseniksäure bildet mit dem Natron ganz ähnlich zusammengesetzte krystallisirbare Salze, wie die Phosphorsäure. Die entsprechenden Salze sind isomorph.

*Kohlensaures Natron.* Das *neutrale* $\dot{N}a\ddot{C} + 10\dot{H}$ (aus der Soda) bildet groſse, in der Luft leicht verwitternde Krystalle, mit 10 Atomen oder 63 Procent Krystallwasser, in welchem es beim Erwärmen leicht schmilzt; kann auch in mehreren anderen Verhältnissen mit Wasser krystallisiren; schmeckt und reagirt alkalisch, in Wasser leicht löslich. Wittert nicht selten aus Mauern aus. Das *zweifach*-kohlensaure Natron, $\dot{N}a\ddot{C}^2 + \dot{H}$, welches in kleinen, viel we-

niger leichtlöslichen Krystallen anschiefst, wird auf ähnliche Weise wie das entsprechende Kalisalz erhalten. Ist in den alkalischen Mineralwassern enthalten, namentlich in bedeutender Menge im Carlsbader. *Anderthalb*-kohlensaures Natron, $\dot{Na}^2 \ddot{C}^3 + 4\dot{H}$, entsteht durch Kochen der Auflösung des zweifach-kohlensauren. Krystallisirbar, leichter löslich als das vorhergehende. Findet sich natürlich in Ungarn, Aegypten, und heifst im Handel *Trona.*

*Borsaures Natron*, *zweifach*, $\dot{Na}\dddot{B}^2 + 10\dot{H}$, (Borax). Klare, harte, schwerlösliche Krystalle; schmeckt und reagirt schwach alkalisch; bläht sich beim Erhitzen stark auf, unter Verlust seines Krystallwassers; schmilzt in der Glühhitze zu einem klaren Glas. Wird beim Löthen der Metalle, bei der Glasfabrication, als Flufs bei Metallreductionen, und zur Darstellung der Borsäure gebraucht. Kommt unter dem Namen *Tinkal,* mit einer seifenartigen Substanz überzogen, aus Tibet. Zum Theil wird er auch aus der natürlichen Borsäure und kohlensaurem Natron gemacht. Das *neutrale* borsaure Natron, $\dot{Na}\dddot{B}$, erhält man durch heftiges Glühen eines innigen Gemenges von 1 Atomgewicht Borax mit 1 Atomgewicht kohlensaurem Natron. Das Salz ist sehr schwer schmelzbar, in Wasser leicht löslich, krystallisirbar. Es zieht Kohlensäure aus der Luft an, und verwandelt sich in Borax und kohlensaures Natron.

*Kieselsaures Natron.* Wie kieselsaures *Kali.* Das *Glas* ist ein amorphes zusammengeschmolzenes Gemenge im Wesentlichen von kieselsaurem Alkali mit kieselsaurer Kalkerde und häufig auch kieselsaurem Bleioxyd. Das Alkali ist entweder Kali oder Natron, oder beide zugleich. Auch die quantitativen Verhältnisse sind in den verschiedenen Glassorten sehr ungleich, wie folgende Beispiele zeigen:

**Zusammensetzung verschiedener Glassorten:**

| Bestandtheile. | Weifses böhmisch. | Weifses französ. | Bouteillenglas. | Krystallglas. | Flintglas. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 76 | 72 | 60 | 52 | 45 |
| Kali . . . . . . . . . | 15 | — | 3 | 9 | 11 |
| Natron . . . . . . . . | — | 17,5 | — | — | — |
| Kalkerde . . . . . . | 8 | 7 | 18 | — | — |
| Talkerde . . . . . . | — | — | 7 | — | — |
| Thonerde . . . . . . | 1 | 2,5 | 7 | 1 | — |
| Eisenoxyd . . . . . | — | — | 4,5 | 1 | — |
| Manganoxyd . . . . | — | 1 | 0,5 | | |
| Bleioxyd . . . . . . | — | — | — | 37 | 44 |

Die Haupt-Materialien zur Glasfabrication sind: *a*) Sand oder Quarz, *b*) Pottasche (zu den geringeren Sorten auch Holzasche), oder *c*) Soda (auch Glaubersalz), und *d*) Kalk. Diese Substanzen werden in bestimmten, durch die Erfahrung gefundenen Verhältnissen mit einander gemengt, und diese Masse (der *Glassatz*) gewöhnlich zuvor eine Zeit lang, ohne zu schmelzen, geglüht (das *Fritten*). Die so vorbereitete Masse (die *Fritte*) wird hierauf noch glühend in die schon glühenden Häfen im Glasofen eingetragen, und nun durch anhaltendes starkes Feuer zu Glas geschmolzen. Im geschmolzenen Zustande hat das Glas eine eigenthümliche, dickflüssige, zähe Beschaffenheit, wovon seine Formbarkeit durch Blasen abhängt. Die meisten Glas-Gegenstände werden geblasen, andere werden gegossen (Hohlglas, Tafelglas und gegossenes Glas). Alle fertigen Gegenstände müssen, um nicht nachher bei Temperaturwechsel leicht zu springen, sehr langsam abgekühlt werden, und kommen zu diesem Endzwecke noch glühend in den dunkel glühenden Kühlofen, mit dem man sie erkalten läfst. Bei der Verfertigung des Bleiglases (Flintglas, Krystallglas) wird dem Glassatz noch eine gewisse Menge Mennige (rothes Bleioxyd) zugesetzt. Zum Bouteillenglas wird gewöhnliche Holzasche und selbst ausgelaugte Asche genommen. Bei der Verfertigung des weifsen Glases wird meist eine kleine Menge

Braunstein (Mangansuperoxyd) zugesetzt, welcher durch Entwickelung von Sauerstoffgas die Entfärbung des Glases bewirkt; zu demselben Endzweck auch etwas Salpeter.

Das Glas ist von verschiedener Schmelzbarkeit; das bleihaltige ist das leichtflüssigste. Die gefärbten Glasarten werden durch Zusatz von färbenden Metalloxyden hervorgebracht, z. B. rothes durch Goldpurpur oder Kupferoxydul, blaues durch Kobaltoxyd, grünes durch Kupferoxyd, weifses durch Zinnoxyd u. s. w. Das Milchglas wird durch Zusatz von gebrannten Knochen erhalten. Die Masse zu den künstlichen Edelsteinen (Glasflüssen) ist ein, durch ein Metalloxyd gefärbtes, leicht schmelzbares reines Bleiglas. Das Email ist ebenfalls ein bleihaltiges, gewöhnlich durch Zinnoxyd weifs und undurchsichtig gemachtes Glas.

*Natrium-Sulfarseniat*, $\overset{,}{\text{Na}}^3\,\overset{''}{\overset{'''}{\text{As}}} + 15\dot{\text{H}}$, entsteht, wenn 15 Th. Auripigment mit 20 Th. kohlensaurem Natron, 6 Th. Schwefel und 3 Th. Kohle zusammengeschmolzen, die Masse nachher in Wasser aufgelöst, mit 4 Th. Schwefel erhitzt, filtrirt und die Lösung mit einer Schicht Alkohol übergossen hingestellt wird. Es bildet blafsgelbe, sehr glänzende, luftbeständige Krystalle. Aus seiner Lösung fällen Säuren, unter Schwefelwasserstoff-Entwickelung, blafsgelbes Arseniksulfid.

*Natrium-Sulfantimoniat*, $\overset{,}{\text{Na}}^3\,\overset{''}{\overset{'''}{\text{Sb}}} + 18\dot{\text{H}}$, krystallisirt in grofsen, gelben Tetraëdern, ist in Wasser leicht löslich und nach Verlust des Wassers ohne Zersetzung in Glühhitze schmelzbar. Aus seiner Lösung fällen Säuren, unter Schwefelwasserstoff-Entwickelung, orangefarbenes Antimonsulfid (Sulphur auratum), welches auf diese Weise bereitet wird. Man erhält dieses Salz durch Zusammenschmelzen von 8 Th. wasserfreiem schwefelsauren Natron, 4 Th. schwarzem Schwefelantimon und 1 Th. Kohlenpulver, Auflösen der Masse in Wasser, und Kochen der Lösung mit 1 Th. Schwefel, bis dieser sich aufgelöst hat. Aus der filtrirten Lösung scheidet sich das Salz in Krystallen ab. An der Luft wird es allmählig zersetzt.

## 3. Lithium.

*Vorkommen.* Bis jetzt sehr selten, als Lithion, nur in einigen seltneren Mineralien; mit Kieselsäure vorzüglich im Petalit (2,7 Procent), im Spodumen (4 Procent), mit Phosphorsäure im Triphyllin (3,4 Procent).

Das Lithium ist kaum bekannt; scheint sich ähnlich zu verhalten, wie die vorhergehenden Metalle.

Das *Lithion*, 1817 von Arfvedson entdeckt, verhält sich als Hydrat ähnlich dem Kalihydrat, wird aber an der Luft nicht feucht und ist in Wasser schwer löslich. Beim Schmelzen in Platingefäfsen greift es dieselben sehr stark an, was als Kennzeichen für dieses Alkali dienen kann. Das *kohlensaure* Lithion bedarf 100 Th. Wasser zur Auflösung. Das *phosphorsaure* Lithion wird als ein weifses Pulver niedergeschlagen. Mit phosphorsaurem Natron bildet es ein kaum lösliches Doppelsalz, dessen Schwerlöslichkeit man zur Unterscheidung und Trennung des Lithions von anderen Alkalien benutzt. Das *Chlorlithium* krystallisirt in Würfeln und ist höchst zerfliefslich.

## 4. Ammonium.

Das Ammonium ist kein einfacher Stoff, sondern ist aus Stickstoff und Wasserstoff zusammengesetzt; auch kennt man es noch nicht im ungebundenen Zustand, man mufs es aber in Verbindungen existirend annehmen und für einen metallartigen Körper halten, weil es die Eigenschaft hat, mit Quecksilber ein festes Amalgam zu geben und mit den meisten Metalloïden Verbindungen einzugehen, die denen der Alkali-Metalle vollkommen analog sind. Jenes Amalgam entsteht, wenn man den —Poldraht einer electrischen Säule in Quecksilber, welches unter flüssigem Ammoniak liegt, und den + Poldraht der Säule in das Ammoniak leitet, oder wenn man Natrium-Amalgam in eine concentrirte Lösung von Salmiak (Chlorammonium) legt. Dieses Amalgam zersetzt sich aufser dem electrischen Kreise sogleich in Quecksilber, Ammoniak und Wasserstoffgas, und zwar in solchem Verhältnisse, dafs man das Ammonium als aus 1 Volumen Stickgas und 4 Volumen Wasserstoffgas zusam-

mengesetzt betrachten kann $= NH^4$. 1 Volumen Stickgas und 3 Volumen Wasserstoffgas dagegen bilden das sogenannte flüchtige Alkali, das *Ammoniak* $= NH^3$. Dieses erlangt seine basischen Eigenschaften erst dadurch, dafs es sich in Berührung mit Wasser, Wasserstoffsäuren oder wasserhaltigen Sauerstoffsäuren in Ammonium verwandelt, welches dann mit dem Sauerstoff des Wassers oder dem Radical der Wasserstoffsäure in Verbindung tritt.

## Ammoniak.

*Eigenschaften.* Farbloses Gas, von sehr heftigem, eigenthümlichem Geruch; von 0,59 spec. Gewicht; durch starke Abkühlung oder einen Druck von $6\frac{1}{2}$ Atmosphäre bei $+10°$ zu einer farblosen, dünnen Flüssigkeit condensirbar, die bei $-80°$ krystallinisch erstarrt. Reagirt und schmeckt scharf alkalisch; bildet in Berührung mit sauren Gasen dicke, weifse Nebel. Durch eine mit Metalldraht gefüllte glühende Röhre geleitet, wird es zersetzt, verdoppelt dabei seinen Umfang, und wird in ein Gemenge von 3 Maafs Wasserstoffgas und 1 Maafs Stickgas verwandelt. Das Ammoniakgas besteht demnach aus:

| | Volumen. | Spec. Gew. | Aequiv. | |
|---|---|---|---|---|
| Stickstoff | 1 | 0,9760 | 1 | = 82,544 |
| Wasserstoff | 3 | 0,2064 | 3 | = 17,456 |
| Verdichtet zu 2 Ammoniakgas | | 0,5912 | 1 $NH^3$ | = 212,50. |

In der Luft ist es nur schwer verbrennbar; mit reinem Sauerstoffgas gemengt, läfst es sich durch den electrischen Funken entzünden, und verbrennt zu Wasser und Stickgas. Platinschwamm, in dem Gasgemenge erhitzt, erzeugt Salpetersäure und Wasser. Manche Metalloxyde, in Ammoniakgas schwach erhitzt, bilden damit Wasser und Stickstoffmetalle. — Mit Chlorgas entzündet sich das Ammoniakgas bei gewöhnlicher Temperatur und gibt Stickgas und Salmiak (Chlor-Ammonium). Chlorgas, durch wäfsriges Ammoniak geleitet, zersetzt dasselbe mit Heftigkeit, ebenfalls unter Bildung von Salmiak und Stickgas, welches mit Aufbrausen weggeht. Chlorgas mit der Lösung eines Ammoniaksalzes

in Berührung, bildet Chlorstickstoff. Jod wird von wäſsrigem Ammoniak in Jodstickstoff verwandelt (S. 23.).

*Bildung und Darstellung.* Das Ammoniak läſst sich nicht durch unmittelbare Vereinigung seiner Elemente hervorbringen. Es kann aber unter vielerlei Umständen aus Stickstoff-Verbindungen gebildet werden. Es entsteht z. B., wenn ein Gemenge von Stickoxydgas und Wasserstoffgas mit erhitztem Platinschwamm in Berührung kommt, wenn sich Cyansäure oder Cyankalium mit Wasser zersetzen, wenn sich ein wasserzersetzendes Metall in verdünnter Salpetersäure auflöst. Am häufigsten entsteht es bei den verschiedenartigsten Zersetzungen organischer stickstoffhaltiger Körper. Bei allen wird der Stickstoff in Ammoniak verwandelt, wenn sie in Vermischung mit Kalihydrat bis zu ihrer Zersetzung erhitzt werden. Am gewöhnlichsten und technisch wird das Ammoniak durch trockne Destillation derselben erzeugt (s. Salmiak). Das reine Ammoniak erhält man durch Erhitzen von 1 Th. Salmiak mit 2 Th. gebranntem Kalk in einem Gasentwickelungsapparat; als Gas muſs es über Quecksilber aufgefangen werden.

*Amid.* Unter gewissen Umständen kann aus der Zusammensetzung des Ammoniaks 1 Aequivalent Wasserstoff austreten, wodurch eine Verbindung $= \mathrm{N}\mathrm{H}^2$ entsteht. Diese Verbindung, die man *Amid* genannt hat, ist zwar bis jetzt so wenig wie das Ammonium für sich darstellbar, sie kann aber in vielen Verbindungen existirend angenommen werden (s. oxalsaures Ammoniumoxyd).

*Ammoniumoxydhydrat.* — Ammoniakgas wird sehr rasch und unter starker Wärmeentwickelung von Wasser aufgelöst; 1 Maaſs Wasser kann bei niedriger Temperatur 670 Maaſs Gas auflösen, und bekommt dadurch 0,875 spec. Gewicht, da es bedeutend an Umfang zunimmt. Diese Flüssigkeit ist als eine Auflösung von Ammoniumoxydhydrat, $= \mathrm{N}\mathrm{H}^4\dot{\mathrm{H}}$, zu betrachten. Sie hat den starken, eigenthümlichen Geruch des Gases, reagirt stark alkalisch, schmeckt höchst brennend, macht auf der Haut Blasen, und verliert an der Luft oder durch Kochen das Ammoniak. In dieser Form wird das Ammoniak gewöhnlich angewendet, un-

ter dem Namen *liquides* oder *kaustisches Ammoniak* (Salmiakgeist).

*Schwefelammonium*, $NH^4$. Entsteht durch Vereinigung von Ammoniakgas mit seinem halben Volumen Schwefelwasserstoffgas. Farblose, höchst flüchtige, stark und übelriechende, prismatische Krystalle. In Auflösung erhält man es auf dieselbe Weise wie das Einfach-Schwefelkalium. Das Schwefelammonium ist eine Schwefelbasis.

## Salze.

Wenn sich das Ammoniak mit einer Sauerstoffsäure zu einem Salz vereinigen soll, so mufs die Säure basisches Wasser enthalten, dessen Elemente mit dem Ammoniak Ammoniumoxyd bilden. 1 Aequivalent Ammoniak nimmt, um ein neutrales Salz zu bilden, 1 Aeq. wasserhaltige Säure auf; die Sauerstoffmenge im Wasser der Säure verhält sich also zu der der letzteren, wie die Sauerstoffmenge in einer jeden Basis, wodurch dieselbe Säure neutralisirt wird; der Wasserstoff aber beträgt gerade so viel, um mit dem Ammoniak Ammonium zu bilden. Wird das Ammoniumoxyd durch eine stärkere Base von der Säure getrennt, so theilt es sich in Ammoniak und Wasser. Aufser Verbindung kann es nicht bestehen.

Die Wasserstoffsäuren vereinigen sich mit dem Ammoniak stets in einem solchen Verhältnifs, dafs der Wasserstoff der Säure mit dem Ammoniak Ammonium bildet. Die hieraus entspringenden Salze sind also die Haloïdsalze des Ammoniums. Bringt man z. B. Chlorwasserstoffsäuregas mit Ammoniakgas in Berührung, so verdichtet sich genau 1 Maafs des einen Gases mit 1 Maafs vom anderen zu einem festen, neutralen Salz, zu Salmiak oder Chlorammonium.

Die meisten Ammoniumsalze schmecken stechend salzig. Im Feuer verflüchtigen sie sich entweder unzersetzt (Salmiak), oder sie zersetzen sich (phosphorsaures Ammoniak). Mit den Alkalien und alkalischen Erden entwickeln sie sogleich Ammoniak, erkennbar am Geruch und an der Eigenschaft, mit einer darüber gehaltenen flüchtigen Säure Nebel

zu bilden. In Auflösung geben sie mit Platinchlorid dieselbe Reaction wie die Kaliumsalze.

*Chlorammonium*, Salmiak, $NH^4Cl$, — das wichtigste Ammoniumsalz, entsteht durch Vereinigung der beiden Gase, oder durch Sättigung von wäfsrigem Ammoniak mit Salzsäure. Fabrikmäfsig wird er dadurch gewonnen, dafs thierische Stoffe (Horn, Klauen, Knochen) der trocknen Destillation unterworfen werden, und das dabei, unter anderen Producten, abdestillirende kohlensaure Ammoniumoxyd entweder unmittelbar mit Salzsäure, oder auch mit Schwefelsäure gesättigt, und das erhaltene, krystallisirte schwefelsaure Ammoniumoxyd alsdann mit Kochsalz zersetzt, und so in Salmiak verwandelt wird. — Im Handel kommt der Salmiak in Gestalt von, durch Sublimation erhaltenen, runden, durchscheinenden, zähen Kuchen von faserig krystallinischem Gefüge vor. Er schmeckt scharf salzig, ist in Wasser leicht löslich, und krystallisirt daraus in Octaëdern und Würfeln. Verdampft beim Erhitzen unzersetzt.

*Cyanammonium*, $NH^4Cy$. Farblose, höchst flüchtige, nach Blausäure riechende Krystalle, die sich sehr rasch in eine schwarzbraune Substanz verwandeln. Entsteht durch Erwärmen eines Gemenges von Cyankalium mit Salmiak; in aufgelöster Form durch Sättigen von Cyanwasserstoffsäure mit Ammoniak oder durch Destillation von 3 Th. Salmiak mit 2 Th. Kaliumeisencyanür und 10 Th. Wasser.

*Schwefelsaures Ammoniumoxyd*, $\dot{N}H^4\dddot{S}+\dot{H}$. Farblose, luftbeständige, in Wasser leicht lösliche Krystalle. Wird beim Erhitzen gröfstentheils in sublimirendes schwefligsaures Salz verwandelt.

*Salpetersaures Ammoniumoxyd*, $\dot{N}H^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$. Prismatische, in der Luft zerfliefsliche Krystalle; es schmilzt bei gelindem Erhitzen und zersetzt sich in Wasser und Stickoxydulgas (vergl. S. 47.).

*Salpetrigsaures Ammoniumoxyd*, $\dot{N}H^4\dddot{N}$. Wird schon durch blofses Erwärmen seiner Auflösung vollständig in Wasser und Stickgas verwandelt.

*Phosphorsaures Ammoniumoxyd*, $\dot{N}H^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}+2\dot{H}$, bildet grofse, klare Krystalle, und wird erhalten durch Sättigung

der aus Knochen abgeschiedenen Phosphorsäure mit Ammoniak und Abdampfen; wird im Feuer in Ammoniak und Phosphorsäure zersetzt. Aus einer alkalischen Lösung krystallisirt das Salz $(2\dot{\bar{N}}H^4 + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}) + \dot{\bar{H}}$.

*Phosphorsaures Natron-Ammoniumoxyd* (Phosphorsalz), krystallisirt aus verdunstendem Harn, oder aus einem Gemische von 6 Th. phosphorsaurem Natron und 1 Th. Salmiak in 2 Th. heifsem Wasser. Verwandelt sich beim Erhitzen, unter Verlust von Wasser und Ammoniak, in leicht schmelzbares $\dot{N}a\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$. Wird darum zu Löthrohrproben gebraucht.

*Arseniksaures Ammoniumoxyd*, $(2\dot{\bar{N}}H^4 + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}) + \dot{\bar{H}}$ und $\dot{\bar{N}}H^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}} + 2\dot{\bar{H}}$, sind wohl krystallisirende, leicht lösliche Salze.

*Kieselsaures Ammoniumoxyd* existirt nicht.

*Kohlensaures Ammoniumoxyd* existirt in vielen Sättigungsstufen. Das gewöhnlichste ist das Sesquicarbonat, $2\dot{\bar{N}}H^4 + \ddot{C}^3$, welches bei der trocknen Destillation von Thierstoffen, oder durch Sublimation eines Gemenges von 1 Th. Salmiak mit 2 Th. Kreide gebildet wird. Weifse, sehr flüchtige, wie Ammoniak riechende Masse; in Wasser leicht löslich und krystallisirbar. In schlecht verwahrten Gefäfsen verwandelt es sich in *zweifach-kohlensaures* Salz.

*Oxalsaures Ammoniumoxyd*, $\dot{\bar{N}}H^4\dddot{\bar{C}} + \dot{\bar{H}}$. Farblose, klare, schwerlösliche Krystalle. Wird bei Analysen zur Abscheidung der Kalkerde gebraucht. Hat dieselbe Zusammensetzung, wie eine Verbindung von Cyan mit 5 Atomen Wasser. Das *zweifach-saure* Salz, $\dot{\bar{H}}\dddot{\bar{C}} + \dot{\bar{N}}H^4\dddot{\bar{C}}$, ist viel schwerer löslich als das neutrale.

Wird wasserfreies oxalsaures Ammoniumoxyd erhitzt, so zerlegt es sich in Wasser und in *Oxamid*. Durch theilweise Zersetzung des letzteren entstehen zugleich kohlensaures Ammoniak, Kohlenoxydgas und Cyangas.

Das *Oxamid*, $C^2\bar{N}H^2O^2$, ist ein weifser, pulverförmiger, geruchloser, in Wasser fast unlöslicher Körper. Es kann als die Verbindung des Amids mit einem mit Kohlenoxyd polymeren Körper betrachtet werden, $= \bar{N}H^2 + \ddot{\bar{C}}$. Zu seiner Zusammensetzung die Elemente von 2 At. Wasser hin-

zugefügt, gibt oxalsaures Ammoniumoxyd. Unter höherem Druck mit Wasser bis zu 200° erhitzt, verwandelt es sich in oxalsaures Ammoniumoxyd. Dieselbe Verwandlung erleidet es beim Erhitzen mit einer concentrirten Kalilösung oder mit concentrirter Schwefelsäure, nur dafs in letzterem Fall die Oxalsäure in Kohlensäure und Kohlenoxydgas zerfällt.

Wird zweifach-oxalsaures Ammoniumoxyd, $\dot{H}\dddot{C} + NH^4\dddot{C}$, bis zu 220° erhitzt, so verwandelt sich das darin enthaltene neutrale Salz ebenfalls in Oxamid; dieses aber tritt, so wie es entsteht, mit der $\dot{H}\dddot{C}$ in Verbindung und bildet damit eine stickstoffhaltige Säure:

Die *Oxaminsäure*, $\dot{H} + C^4NH^2O^5$. Weifses krystallinisches Pulver, in Wasser wenig löslich. Damit erhitzt, verwandelt sie sich in zweifach-oxalsaures Ammoniumoxyd.

*Cyansaures Ammoniumoxyd*, $NH^4\dot{C}y$. Durch unmittelbare Vereinigung der wasserhaltigen Cyansäure mit Ammoniak entsteht cyansaures Ammoniumoxyd, ein weifses, krystallinisches Salz, welches sich gegen Säuren und Alkalien wie die cyansauren Salze im Allgemeinen verhält. Es entsteht auch durch Zersetzung von cyansaurem Silberoxyd mit Salmiak.

Erhitzt man das cyansaure Ammoniumoxyd oder kocht man seine Auflösung in Wasser, oder läfst sie verdunsten, so verwandelt es sich, in Folge einer Umsetzung seiner Elemente und ohne quantitative Veränderung seiner Zusammensetzung, in einen ganz anderen Körper, in *Harnstoff*, $C^2N^2H^4O^2$, der kein Salz ist, sondern zur Classe der organischen Basen gehört.

Der *Harnstoff* findet sich fertig gebildet im Harn der Thiere und Menschen, und macht seinen wesentlichsten Bestandtheil aus. Ueber seine Abscheidung daraus und seine übrigen Eigenschaften siehe die organische Chemie. Künstlich stellt man ihn am einfachsten dar durch Vermischen der Auflösungen von cyansaurem Kali und schwefelsaurem Ammoniumoxyd, Verdunsten zur Trockne und Trennung des Harnstoffs vom schwefelsauren Kali durch Auflösen in Alkohol. Er krystallisirt in grofsen, farblosen, leicht löslichen

chen Prismen. Bei gewöhnlicher Temperatur wird er weder von verdünnten Säuren, noch von Alkalien zersetzt. Eben so wenig zersetzt er sich mit aufgelösten Metallsalzen.

Durch den Einfluſs gewisser im Harn enthaltener Materien nimmt der Harnstoff die Elemente von 4 Atomen Wasser auf und verwandelt sich damit in kohlensaures Ammoniumoxyd.

Dieſs ist der Grund der Ammoniak-Bildung in faulendem Harn, die so bedeutend ist, daſs daraus im Groſsen Salmiak fabricirt wird. — Auf gleiche Weise wird der Harnstoff durch Einwirkung von concentrirten Säuren oder kaustischen Alkalien in Kohlensäure und Ammoniak umgewandelt.

Wird der Harnstoff über seinen Schmelzpunkt, 120°, erhitzt, so treten seine Elemente auf andere Weise unter einander in Verbindung, nämlich zu Ammoniak und zu Cyanursäure. Er geräth dabei, unter Entwickelung von Ammoniakgas, in's Sieden, und ist zuletzt in feste Cyanursäure verwandelt.

Die *Cyanursäure* wird auſserdem gebildet durch Erwärmen des festen Cyanchlorids, $C^6 \bar{N}^3 \bar{Cl}^3$, mit Wasser, wobei es sich, unter Aufnahme der Elemente von Wasser, in Cyanursäure und Chlorwasserstoffsäure verwandelt. Die Cyanursäure bildet farblose, schwach sauer schmeckende, rhombische Prismen, in der Wärme unter Verlust von 21,5 Proc. Wasser verwitternd, in Wasser schwer löslich. Durch den Einfluſs der Wärme wird sie gerade auf in liquide, wasserhaltige Cyansäure umgesetzt.

Die verwitterte Cyanursäure ist $= C^6 \bar{N}^3 \bar{H}^3 O^6$. Sie ist also isomerisch mit wasserhaltiger Cyansäure. Sie muſs jedenfalls basisches Wasser enthalten. Diejenigen ihrer Salze, die man als ihre neutralen zu betrachten hat, sind nach der Formel $\dot{Ba}^2 + C^6 \bar{N}^3 H O^4$ zusammengesetzt. Es ist also wahrscheinlich, daſs die verwitterte Säure $= \dot{H}^2 + C^6 \bar{N}^3 H O^4$ ist. Wahrscheinlich hat sie eine ähnliche Constitution wie die Oxaminsäure, sie könnte dann betrachtet werden als eine Verbindung von 2 At. Cyansäure mit einem dem Oxamid analogen Körper $= C^2 \bar{N} \bar{H} O^2$, isomerisch mit wasser-

haltiger Cyansäure, demselben Körper, der in Verbindung mit 1 Aeq. Ammoniak den Harnstoff constituirt.

*Ammonium - Sulfhydrat* (Schwefelwasserstoff - Ammoniak), $\acute{N}H^4\acute{H}$. Farblose, höchst flüchtige, an der Luft sich rasch gelb färbende Krystalle. Entsteht durch Vereinigung gleicher Volumina der Gase. Wird in aufgelöster Form erhalten durch Sättigung von wässrigem Ammoniak mit Schwefelwasserstoffgas. Farblose, stark nach Schwefelwasserstoff und Ammoniak riechende Flüssigkeit, die in der analytischen Chemie sehr häufig zur Entdeckung und Scheidung der Metalle gebraucht wird.

*Rhodan-Ammonium*, $\acute{N}H^4 + C^2NS^2$. Farbloses, zerfliefsliches Salz. Zersetzt sich beim Erhitzen in Ammoniak, Kohlensulfid, Schwefelammonium und Melam.

Das *Melam*, $C^{12}N^{11}H^9$, wird am besten erhalten durch Erhitzen von 1 Theil Rhodankalium mit 2 Theilen Salmiak bis zum Schmelzpunkt des ersteren, und Auslaugen des Chlorkaliums mit Wasser. — Farbloser, nicht krystallisirbarer, in Wasser unlöslicher Körper. Löst sich in heifser concentrirter Schwefelsäure. Wird die mit Wasser verdünnte Lösung gekocht, so verwandelt es sich in Ammoniak und in Cyanursäure. Beim Erhitzen für sich zerlegt es sich in Ammoniak und in Mellon.

Das *Mellon*, $C^6N^4$, ist ein citrongelbes, in Wasser unlösliches Pulver. Zerlegt sich bei Glühhitze in Cyan und Stickgas. Verbindet sich, wie das Cyan, beim Erhitzen direct mit Kalium. Aus Wasser krystallisirt das Mellonkalium in farblosen, feinen Prismen. Säuren scheiden daraus *Mellonwasserstoff*, $C^6N^4 + H$, als eine weifse, gelatinöse, schwerlösliche Masse ab. Mit Metalloxyden bildet sie Wasser und Mellonmetalle.

*Melamin*, $C^6N^6H^6$, entsteht durch Auflösen von Melam in einer kochenden Kalilösung. Aus der durch Abdampfen concentrirten Lösung scheidet sich das Melamin in ziemlich grofsen farblosen, durchscheinenden Krystallen ab. In der Wärme schmilzt es und sublimirt sich grofsentheils unverändert. Es ist wie das Ammoniak eine Salzbasis und vereinigt sich mit den Säuren.

*Ammelin*, $C^6 N^5 H^5 O^2$, entsteht durch längeres Kochen von Melamin mit Säuren oder Alkalien. Man erhält es aus der Mutterlauge von der Bereitung des Melamins durch Neutralisiren mit Essigsäure. Bildet ein aus feinen Krystallnadeln bestehendes, in Wasser unlösliches weifses Pulver. Ist eine schwache Salzbasis, bildet z. B. mit Salpetersäure ein krystallisirbares Salz. Hinterläfst beim Erhitzen für sich reines Mellon.

*Ammelid*, $C^{12} N^9 H^7 O^4 + 2\dot{H}$, entsteht bei der Auflösung von Melam, Melamin oder Ammelin in concentrirten Säuren. Durch Weingeist wird es daraus gefällt. Weifses, in Wasser unlösliches Pulver. Mit verdünnten Säuren gekocht, zerlegt es sich vollständig in Ammoniak und Cyanursäure.

---

Das Ammoniak verbindet sich ferner als solches, nicht als Ammoniumoxyd oder Ammonium, ähnlich dem Wasser, mit sehr vielen Haloïd- und Sauerstoff-Salzen. So z. B. wird es in grofser Menge und bestimmter Proportion absorbirt von trocknem Chlorsilber, Chlorcalcium, salpetersaurem Silberoxyd, schwefelsaurem Kupferoxyd etc.; es vereinigt sich oder zersetzt sich mit Chlorschwefel, Chlorphosphor, Fluorkiesel etc. Am merkwürdigsten aber ist die Art von Verbindungen, in denen es sich auf eine solche Weise mit einem anderen zusammengesetzten Körper vereinigt hat, dafs es damit ein Ganzes bildet, das sich, gleich einem basischen Oxyd, ohne Trennung der Bestandtheile, mit Säuren zu Salzen vereinigen kann. Hierher gehört der Harnstoff und die grofse Klasse der übrigen sogenannten organischen Basen, die in der organischen Chemie abgehandelt werden.

## 5. Barium.

*Vorkommen.* Als schwefelsaure und kohlensaure Baryterde.

*Eigenschaften.* Graues Metall, in der Luft und in Wasser sich rasch oxydirend. Noch wenig bekannt, da es sich

bis jetzt nur vermittelst eines starken electrischen Stroms darstellen läfst.

*Baryterde.* Graulichweifse, erdige Substanz, von ätzendem, alkalischem Geschmack und alkalischer Reaction. In gewöhnlichem Feuer unschmelzbar. Spec. Gewicht 4,0. Besteht aus 1 At. Barium und 1 At. Sauerstoff $= \dot{\mathrm{Ba}}$.

Die Baryterde wird gewöhnlich aus dem schwefelsauren Baryt (Schwerspath) erhalten, indem man ihn zuerst durch Glühen mit Kohle in Schwefelbarium verwandelt. 8 Th. sehr fein geriebener Schwerspath werden mit 1 Th. Kohlenpulver und 2 Th. Harz oder Mehl genau vermischt und eine Stunde lang in einem bedeckten Tiegel stark geglüht. Die geglühte Masse wird mit Wasser ausgekocht, wobei sich das Schwefelbarium, in $\dot{\mathrm{Ba}}\dot{\bar{\mathrm{H}}}$ und $\mathrm{Ba}'\bar{\mathrm{H}}'$ verwandelt, auflöst, die Auflösung mit Salpetersäure gesättigt, filtrirt, abgedampft, und die krystallisirte salpetersaure Baryterde in einem Porzellantiegel stark geglüht, worauf reine Baryterde zurückbleibt.

*Baryterdehydrat.* Reine Baryterde, mit Wasser benetzt, vereinigt sich damit unter sehr heftiger Erhitzung, und zerfällt zu weifsem, pulverförmigem Hydrat. Es schmilzt in der Glühhitze, ohne sein Wasser zu verlieren. Enthält 10,53 Procent oder 1 Atom Wasser. — In kochendem Wasser leicht löslich, schiefst daraus beim Erkalten in Krystallen an, — Baryterdehydrat mit Krystallwasser. Wird am einfachsten erhalten durch sehr heftiges Glühen eines zusammengekneteten und wieder getrockneten Gemenges von 100 Th. kohlensaurem Baryt mit 10 Th. Kienrufs und etwas Stärkekleister, und Auskochen der Masse mit Wasser. Löst sich in 20 Th. kalten Wassers (Barytwasser). Diese Auflösung schmeckt und reagirt alkalisch, bedeckt sich an der Luft mit einer weifsen Haut oder Rinde, indem sie, wie die reine Erde und das feste Hydrat, Kohlensäure anzieht, und wird zu reinem Wasser.

*Bariumsuperoxyd* ensteht durch gelindes Glühen von reiner Baryterde in Sauerstoffgas. Graue, erdige Masse, die doppelt so viel Sauerstoff als die Baryterde enthält. Zerfällt mit Wasser zu einem weifsen, pulverförmigen Hydrat,

welches mit verdünnten Säuren die gewöhnlichen Bariumsalze bildet, ohne daſs sich Sauerstoff entwickelt, indem das zweite Sauerstoffatom mit Wasser Wasserstoffsuperoxyd erzeugt. Dieses ist der einzige Weg, auf welchem letzteres hervorgebracht werden kann. Am einfachsten erhält man es durch Zersetzung des Bariumsuperoxydhydrats mit verdünnter Fluorwasserstoffsäure, weil sich das entstehende Fluorbarium sogleich unlöslich abscheidet.

## Salze.

Die auflöslichen Barium-Salze sind dadurch ausgezeichnet, daſs Schwefelsäure oder schwefelsaure Salze in ihrer Auflösung einen weiſsen, in Säuren ganz unlöslichen Niederschlag bewirken.

*Chlorbarium*, Ba€l. Erhitzte Baryterde wird in Chlorwasserstoffgas glühend, unter Bildung von Chlorbarium und Wasser. Baryterde, in Chlorgas erhitzt, wird zu Chlorbarium, unter Abscheidung von $\frac{1}{2}$ Maaſs Sauerstoffgas. Das Chlorbarium ist eine weiſse, in starker Glühhitze schmelzende, in Wasser lösliche Masse. Aus der Auflösung krystallisirt es in tafelförmigen, klaren Krystallen mit 2 At. Krystallwasser, von scharfem, unangenehmem Geschmack. In dieser Gestalt erhält man es am wohlfeilsten durch Sättigen der Schwefelbarium-Auflösung mit Salzsäure.

*Fluorkieselbarium*, $3BaF + 2SiF^3$, scheidet sich als krystallinischer Niederschlag ab beim Vermischen eines gelösten Bariumsalzes mit Kieselfluorwasserstoffsäure.

*Schwefelsaure Baryterde*, $\dot{Ba}\dddot{S}$, kommt als Mineral krystallisirt vor und wird in der Mineralogie *Schwerspath* genannt. Die Krystalle sind häufig groſs, farblos und durchsichtig; spec. Gewicht 4,5. — Das künstlich dargestellte Salz bildet stets ein weiſses, selbst in Säuren ganz unlösliches Pulver. Man erhält es z. B. durch Fällung von Chlorbariumlösung mit Schwefelsäure. Wegen der absoluten Unlöslichkeit dieses Salzes oder vollständigen Fällbarkeit der Schwefelsäure durch Baryterde, bedient man sich der Baryterde bei Analysen zur Entdeckung der kleinsten Mengen Schwefelsäure und zu ihrer quantitativen Abscheidung. —

Mit gemahlenem Schwerspath wird häufig das Bleiweifs versetzt.

*Schwefligsaure Baryterde*, $\dot{Ba}\ddot{S}$, ist ein weifses, unlösliches Pulver. *Dithionsaure*, $\dot{Ba}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{S}}+2\dot{\bar{H}}$, bildet grofse, in Wasser leichtlösliche Krystalle. *Dithionigsaure*, $\dot{Ba}\ddot{\bar{S}}$, krystallisirt aus der Schwefelbarium-Lösung, wenn sie längere Zeit an der Luft steht, in nadelförmigen, sehr schwerlöslichen Krystallen.

*Selensaure Baryterde*, $\dot{Ba}\dddot{Se}$, verhält sich ganz ähnlich dem schwefelsauren Salz. Bei Glühhitze durch Wasserstoffgas zu in Säuren löslichem Selenbarium reducirbar, ein Mittel um Selensäure und Schwefelsäure von einander zu trennen, da schwefelsaurer Baryt auf diese Weise nicht reducirt wird.

*Phosphorsaure* und *arseniksaure Baryterde*, $\dot{Ba}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$, bilden weifse, in Wasser kaum lösliche Niederschläge.

*Unterphosphorigsaure Baryterde*, $\dot{Ba}\dot{\bar{P}}+3\dot{\bar{H}}$, entsteht durch Kochen von Barythydrat mit Phosphor, bildet grofse, perlmutterglänzende Prismen, verliert bei 100° 1 At. Wasser. Wird das verwitterte Salz weiter erhitzt, so verwandelt es sich mit den Bestandtheilen des übrigen Wassers in Phosphorwasserstoffgas und phosphorsaure Baryterde.

*Salpetersaure Baryterde*, $\dot{Ba}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$, ist in Wasser löslich und krystallisirt in Octaëdern ohne Krystallwasser.

*Kohlensaure Baryterde*, $\dot{Ba}\ddot{C}$, kommt im Mineralreich krystallisirt vor als *Witherit*. Die künstlich dargestellte ist ein weifses, in Wasser unlösliches Pulver; wird erhalten durch Fällung, z. B. von Schwefelbarium mit kohlensaurem Kali. Leicht löslich in kohlensäurehaltigem Wasser.

Die Baryterde ist 1774 von Scheele entdeckt worden.

## 6. Strontium.

*Vorkommen.* Weniger häufig als die Baryterde, ebenfalls als schwefelsaure und kohlensaure Strontianerde.

Das Strontium ist noch wenig bekannt. In seinen Verbindungen ist es dem Barium so ähnlich, wie das Natrium dem Kalium.

*Strontianerde* ist in jeder Beziehung der Baryterde höchst ähnlich, und wird auch auf dieselbe Weise aus der schwefelsauren Strontianerde gewonnen.

Die auflöslichen Strontium-Salze werden, wie die Barium-Salze, durch Schwefelsäure gefällt. Sie unterscheiden sich aber von diesen unter anderem dadurch, dafs ihre Auflösung nicht durch Kieselfluorwasserstoffsäure gefällt wird, und dafs sie die Flamme brennender Körper schön purpurroth färben. Auf letztere Eigenschaft gründet sich die Anwendung der salpetersauren Strontianerde zu Feuerwerken. Das *Chlorstrontium* bildet sehr leicht lösliche Prismen mit 6 $\dot{H}$.

Die Strontianerde besteht aus 1 Atom Strontium und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{S}r$. Sie ist zuerst 1790 von der Baryterde unterschieden worden.

## 7. Calcium.

*Vorkommen.* Unter den Alkalimetallen das verbreitetste. Findet sich als Kalkerde in allen drei Naturreichen. Bildet als kohlensaure und schwefelsaure Kalkerde ganze Gebirge und Lager, als phosphorsaure die Knochen der Thiere.

*Eigenschaften.* Das Calcium, bis jetzt nur vermittelst der electrischen Säule abscheidbar, ist ein weifses, glänzendes, in der Luft und in Wasser sich schnell oxydirendes Metall.

*Kalkerde.* Die reine Kalkerde bildet eine weifse, erdige, in gewöhnlichem Feuer unschmelzbare Substanz, von alkalischem Geschmack und alkalischer Reaction; 2,0 spec. Gewicht. Man erhält sie durch heftiges Glühen von reiner kohlensaurer Kalkerde (Marmor), welche dabei die Kohlensäure verliert. Im Grofsen mit dem gewöhnlichen Kalkstein in den Kalköfen ausgeführt, ist diese Operation unter dem Namen *Kalkbrennen* bekannt; der *gebrannte* Kalk ist also eine kohlensäurefreie, nur mehr oder weniger durch fremde Einmengungen verunreinigte Kalkerde. In der Luft zerfällt er nach und nach, indem er Kohlensäure und Wasser anzieht. — Die Kalkerde besteht aus 1 Atom Calcium und 1 Atom Sauerstoff, $= \dot{C}a$; sie enthält 28,4 Proc. Sauerstoff.

*Kalkerdehydrat.* Mit Wasser benetzt, erhitzt sich der

gebrannte Kalk sehr heftig und zerfällt zu einem aufgequollenen, weifsen Pulver, Kalkerdehydrat (gelöschter Kalk), welches 24 Procent oder 1 Atom Wasser enthält, das erst in schwacher Glühhitze wieder auszutreiben ist. Die Bildung dieses Hydrats wird im gewöhnlichen Leben das *Löschen des Kalks* genannt. Kalk, welcher zu viel fremde Beimengungen, namentlich Kieselsäure und Thonerde, enthält, löscht sich, besonders nach zu heftigem Brennen, nicht (bildet kein Hydrat), und wird *todtgebrannter* Kalk genannt; die Ursache davon ist die beim Brennen eingetretene chemische Vereinigung der eingemengten Kieselsäure und Thonerde mit der Kalkerde. Wird beim Löschen des Kalkes mehr Wasser zugegossen, als zur Bildung des Hydrats erforderlich ist, so bildet dieses einen weifsen Brei, und mit noch mehr Wasser die sogenannte Kalkmilch. Läfst man diese sich klären, so bleibt über dem abgesetzten Kalkhydrat das *Kalkwasser* stehen, eine Auflösung von Kalkerde in Wasser. Es schmeckt und reagirt alkalisch, und bedeckt sich an der Luft mit einer Haut von kohlensaurem Kalk, verliert daher in der Luft bald seinen ganzen Kalkgehalt; 1 Th. Kalkerde braucht ungefähr 500 Th. Wasser zur Auflösung.

Der Kalk wird darum gebrannt und gelöscht, weil er im Zustand von Hydrat die Eigenschaft hat, sich mit Sand zu einer bindenden, allmählig erhärtenden Masse, dem *Mörtel*, zu verbinden. Der gewöhnliche Mörtel (Luftmörtel) erhärtet aber nur in der Luft und nicht unter Wasser. Zu Wasserbauten wird daher der Wassermörtel (hydraulische Mörtel, Cement) angewendet, der durch Brennen eines Gemenges von Kalk mit kiesel- und thonerdehaltigen Substanzen, oder durch schwaches Brennen von sogenanntem mageren Kalkstein (thon- und kieselerdehaltigem Kalk) erhalten wird. Der Wassermörtel erhärtet nicht allein sehr schnell an der Luft, sondern auch nach und nach unter Wasser zu einer steinharten Masse.

Von der Kalkerde macht man aufserdem noch sehr mannigfaltige, technische Anwendungen.

*Schwefelcalcium*, $\overset{\prime}{\mathrm{Ca}}$, wird erhalten: *a*) durch Glühen von schwefelsaurer Kalkerde (Gyps) mit Kohle; *b*) durch

Glühen von Kalkerde in Schwefelwasserstoffgas; c) durch Glühen von Kalkerde mit Schwefel. — Gelblichweiße, erdige, unschmelzbare Substanz von hepatischem Geschmack. Kaum in Wasser löslich. Leuchtet, nach dem Aussetzen in den Sonnenschein, im Dunkeln. Wird Kalkhydrat mit Wasser und überschüssigem Schwefel gekocht, so entsteht eine gelbe Auflösung, welche unterschwefligsaure Kalkerde und leichtlösliches *Fünffach-Schwefelcalcium*, $CaS^5$, enthält.

*Phosphorcalcium*. Reine kaustische Kalkerde, bis zum Glühen in Phosphorgas erhitzt, verwandelt sich in eine rothe Substanz, die das Wasser zersetzt und dabei [illegible] Phosphorwasserstoffgas entwickelt. Sie ist ein Gemenge von $2Ca^{2}\bar{P}$ und $5Ca^{2}P$.

## Salze.

Die auflöslichen Calcium-Salze sind besonders dadurch zu unterscheiden, daß ihre, selbst sehr verdünnten, Auflösungen mit Oxalsäure einen weißen, in Salpetersäure löslichen, in Essigsäure unlöslichen Niederschlag geben. Schwefelsäure bildet nur in ihren concentrirten Lösungen einen krystallinischen Niederschlag.

*Chlorcalcium* (salzsaure Kalkerde), $CaCl$. Entsteht wie das Chlorbarium. Man erhält es auch durch Auflösen von Marmor in Salzsäure, Abdampfen und Schmelzen, oder als Nebenproduct bei der Bereitung des Ammoniaks. Weiße, krystallinische, schmelzbare Substanz, von bitterlich-salzigem Geschmack; zieht sehr rasch Feuchtigkeit aus der Luft an und zerfließt, wird daher zum Trocknen feuchter Gase und zum Entwässern von Flüssigkeiten angewendet. Löst sich unter Erhitzung in Wasser und krystallisirt aus seiner concentrirten Auflösung in klaren, säulenförmigen Krystallen mit 49 Procent oder 6 Atomen Krystallwasser, die sich unter starker Kälteerzeugung in Wasser lösen und beim Vermischen mit Schnee eine Kälte von —40° hervorbringen.

*Fluorcalcium*, Flußspath, $CaF$. Das natürliche kommt in Würfeln und Octaëdern, theils farblos, theils mannigfaltig und lebhaft gefärbt, vor; leuchtet beim Erwärmen im Dunkeln. Das künstliche bildet ein weißes, unlösliches Pulver.

Der Flufsspath ist das Material zur Darstellung aller Fluorverbindungen; wegen seiner Schmelzbarkeit dient er öfters als Zuschlag oder Flufs beim Ausschmelzen der Erze.

*Schwefelsaure Kalkerde*, Gyps, $\dot{Ca}\dddot{S}+2\dot{H}$. Macht ganze Berge aus. Bildet im dichteren, unreineren Zustande den *Gypsstein*, im reineren, körnig krystallinischen den *Alabaster*, im krystallisirten das *Marienglas*, und im wasserfreien Zustande den *Anhydrit*. Der krystallisirte Gyps ist farblos, durchsichtig, weich, etwas biegsam, und enthält, so wie auch der Gypsstein und Alabaster, 20,78 Procent Krystallwasser, welches noch unter 200° entweicht. Das *Brennen* des Gypses bezweckt das Austreiben dieses Wassers. Der gebrannte Gyps hat die Eigenschaft, mit Wasser angemacht, damit zu erhärten, d. h. sein Krystallwasser wieder aufzunehmen, und hierauf gründet sich seine Anwendung zum Giefsen von Büsten, Statuen u. s. w., ferner zum Gypsmörtel, zum Gypsmarmor oder Stuck. Zu stark gebrannter Gyps erhärtet mit Wasser nicht, weil er sich nicht mehr chemisch damit verbindet. In starker Glühhitze schmilzt er zu einer weifsen, undurchsichtigen Masse. — Der Gyps ist in ungefähr 460 Theilen Wassers löslich und krystallisirt daraus in kleinen Nadeln; auch findet er sich in vielem Quellwasser aufgelöst. Aus der Auflösung eines anderen Kalkerdesalzes durch Schwefelsäure niedergeschlagen, bildet er einen aus zarten Krystallnadeln bestehenden, sehr dicken, weifsen Niederschlag.

*Schwefligsaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\ddot{S}$, ist ein sehr schwerlösliches, weifses Pulver.

*Dithionsaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{S}}+4\dot{H}$, ist leicht löslich und krystallisirbar.

*Selensaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\dddot{Se}+2\dot{H}$, ist im Aeufsern nicht vom Gyps zu unterscheiden.

*Salpetersaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{N}}$, ist ein zerfliefsliches Salz; ist gewöhnlich in der Lauge von der Salpeter-Fabrication enthalten.

*Phosphorsaure Kalkerde* existirt in mehreren Sättigungsstufen. Der unorganische Theil der Knochen (die Knochen-

erde) besteht aus $\dot{C}a^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\dot{C}a^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$. Es macht, nebst einer kleinen Menge kohlensaurer Kalkerde und Talkerde, die weifsgebrannten Knochen aus. Sie sind in Salpetersäure auflöslich, und Ammoniak schlägt daraus die Knochenerde wieder nieder. Der *Apatit*, ein krystallisirtes Mineral, ist $Ca\bar{C}l + 3\dot{C}a^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.

*Unterchlorigsaure Kalkerde* (Chlorkalk), $\dot{C}a\dot{\bar{C}}l$, wird in festem Zustand und gemengt mit Chlorcalcium als ein weifses Pulver (Bleichpulver) erhalten durch Sättigung von Kalkhydrat mit Chlorgas, in flüssigem durch Sättigen von Kalkmilch mit Chlorgas. Riecht chlorartig und entwickelt mit Säuren Chlorgas. — Dient zum Bleichen, namentlich der baumwollenen Zeuge und der Leinwand u. s. w., zur Zerstörung fauler Gerüche und ansteckender Krankheitsstoffe.

*Kohlensaure Kalkerde*, $\dot{C}a\ddot{C}$, bildet die Kalksteine, den Marmor, die Kreide, die Muschelschaalen etc.; im ganz reinen und krystallisirten Zustand den *Kalkspath*. Der *Arragonit* ist eine dimorphe Varietät davon. Fast unauflöslich in Wasser; auflöslich in kohlensäurehaltigem Wasser. Gebrannter Kalk, indem er an der Luft zerfällt, verwandelt sich in ein basisches kohlensaures Salz mit Wasser, $= \dot{C}a^2\ddot{C} + \dot{H}$.

*Oxalsaure Kalkerde*, $\dot{C}a\dddot{\bar{C}} + \dot{H}$. Weifses, in Wasser ganz unlösliches Pulver. Oxalsäure schlägt die Kalkerde aus jedem auflöslichen Kalkerdesalz nieder, dient daher zur Entdeckung und Abscheidung derselben. Wird durch schwaches Glühen in kohlensaure Kalkerde verwandelt, unter Entwickelung von Kohlenoxydgas. Findet sich häufig in Pflanzen.

*Kieselsaure Kalkerde*, $\dot{C}a^3\dddot{S}i^2$, bildet ein krystallisirtes Mineral, den *Tafelspath*.

*Kieselsaure Kali-Kalkerde* bildet ein in Quadratoctaëdern ausgezeichnet schön krystallisirtes Mineral, den *Apophyllit*, $= \dot{K}\dddot{S}i^2 + 8\dot{C}a\dddot{S}i + 16\dot{H}$.

## 8. Magnesium.

*Vorkommen.* Als Talkerde in Verbindung mit mehreren Säuren, namentlich Schwefelsäure, Kieselsäure und Kohlensäure; weniger häufig als die Kalkerde.

*Eigenschaften.* Silberweifses, geschmeidiges, in Luft und Wasser unveränderliches Metall von 1,8 spec. Gew.; verbrennt beim Erhitzen mit grofsem Glanz zu Talkerde. Wird durch Zersetzung von Chlormagnesium mit Natrium erhalten.

*Talkerde* (Bittererde, Magnesia). Feines, weifses, lockeres Pulver; geschmack- und geruchlos; in gewöhnlichem Feuer unschmelzbar; erhitzt sich nicht mit Wasser; fast unlöslich darin. Besteht aus 1 Atom Magnesium und 1 Atom Sauerstoff $= \dot{M}g$. — Wird erhalten durch Fällung einer Auflösung von schwefelsaurer Talkerde mit kohlensaurem Kali bei Siedhitze, Auswaschen des Niederschlags, Trocknen und Glühen.

## Salze.

Die auflöslichen Magnesiumsalze sind durch einen eigenen, bitteren, unangenehmen Geschmack ausgezeichnet. Von Ammoniak wird nur ein Theil der Erde niedergeschlagen; ist die Auflösung verdünnt und enthält ein Ammoniaksalz, so fällt Ammoniak nichts. Von kohlensaurem Ammoniak werden sie nicht gefällt. Mit kaustischem und kohlensaurem Kali geben sie einen weifsen, gelatinösen Niederschlag, der in Salmiaklösung leicht löslich ist. Charakteristisch für die Magnesiumsalze ist der weifse krystallinische Niederschlag, den phosphorsaures Ammoniak darin bildet (siehe phosphorsaure Ammoniak-Talkerde).

*Chlormagnesium*, $Mg\not{C}l$. Grofsblättrig-krystallinische, schmelzbare weifse Substanz; sehr zerfliefslich. Findet sich aufgelöst in Salzsoolen und im Meerwasser. Entsteht durch Glühen von Talkerde in Chlorgas oder Chlorwasserstoffgas; oder durch Auflösen von Talkerde in Salzsäure, Vermischen der Auflösung mit Salmiak, Abdampfen und Erhitzen des Gemisches in einer Retorte bis zum Schmelzen.

*Schwefelsaure Talkerde*, Bittersalz, $\dot{M}g\dddot{S} + 7\dot{\bar{H}}$. Findet sich im Meerwasser und in Mineralquellen (Bitterwassern), aus welchen letzteren sie durch Abdampfen und Krystallisiren gewonnen wird. Bildet klare, säulenförmige Krystalle, mit 51 Procent Wasser; schmeckt bitter salzig; ist leicht auflöslich. Krystallisirt bei $+30^{0}$ in einer anderen Form

mit nur $6\dot{\bar{H}} = 47$ Proc. Bildet mit $\dot{K}\dddot{S}$ und $\dot{Na}\dddot{S}$ krystallisirende Doppelsalze.

*Salpetersaure Talkerde*, $\dot{Mg}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$, ein höchst zerfliefsliches Salz. Ist in der Salpeter-Mutterlauge enthalten.

*Phosphorsaure Talkerde*, $\dot{Mg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, ist in verschiedenen Theilen der Thiere und Pflanzen, z. B. in den Saamen der Gräser, enthalten. Schwer löslich.

*Phosphorsaure Ammoniumoxyd-Talkerde*, $(\dot{N}H^4\dot{Mg}^2 + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}) + 12\dot{\bar{H}}$, bildet öfters die bei Thieren vorkommenden steinigen Concretionen, setzt sich aus faulendem Harn in kleinen Krystallen ab, und fällt als ein krystallinisches Mehl nieder, wenn man zu einem aufgelösten Magnesiumsalz phosphorsaures Ammoniak, oder kohlensaures Ammoniak und phosphorsaures Natron mischt. In Wasser kaum löslich; in Wasser, welches freies Ammoniak enthält, ganz unlöslich. Verwandelt sich im Glühen in $\dot{Mg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, und dieses geglühte Salz enthält 36,67 Procent Talkerde. — Diese Verhältnisse benutzt man zur Unterscheidung und quantitativen Bestimmung der Talkerde, so wie zur Erkennung der Phosphorsäure.

*Arseniksaure Talkerde*, $\dot{Mg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}$, weifs, in Wasser unlöslich. *Arseniksaure Ammoniak-Talkerde*, ganz ähnlich dem entsprechenden phosphorsauren Salz, nur etwas löslicher.

*Kohlensaure Talkerde*. Durch Zersetzung des schwefelsauren Salzes mit kohlensaurem Kali in der Siedhitze. Der ausgewaschene und getrocknete Niederschlag bildet eine weifse, zarte, leichte Masse, bekannt unter dem Namen *Magnesia*. Sie ist eine Verbindung von kohlensaurer Talkerde mit Talkerdehydrat, gewöhnlich $= 3\dot{Mg}\ddot{C}\dot{\bar{H}} + \dot{Mg}\dot{\bar{H}}$.

*Kohlensaure Kalk-Talkerde* bildet ein krystallisirtes Mineral, den *Bitterspath*, und ist ein Gemengtheil vom *Dolomit*.

*Oxalsaure Talkerde*, $\dot{Mg}\dddot{C}$. Unauflösliches Pulver. Aus ihrer Auflösung in Säuren wird sie nicht durch Ammoniak gefällt. Hierauf beruht die Scheidung der Talkerde von Kalkerde. Die Talkerdesalze werden nicht durch Oxalsäure oder zweifach oxalsaures Kali gefällt.

***Borsaure Talkerde***, $\dot{Mg}^3\dddot{B}^4$, bildet ein krystallisirtes Mineral, den ***Boracit***.

***Kieselsaure Talkerde*** bildet, in verschiedenen Sättigungsstufen, mehrere Mineralien; $\dot{Mg}\dddot{Si}$ ist der ***Speckstein***; $\dot{Mg}\dddot{Si} + \dot{H}$ der ***Meerschaum***; $\dot{Mg}^3\dddot{Si}$ der ***Chrysolith***; $3\dot{Mg}\dot{H}^2 + 2\dot{Mg}^3\dddot{Si}^2$ der ***Serpentin***.

***Kieselsaure Kalk-Talkerde*** bildet den ***Augit***, $= \dot{Ca}^3\dddot{Si}^2 + \dot{Mg}^3\dddot{Si}^2$, und die ***Hornblende*** $= \dot{Ca}\dddot{Si} + \dot{Mg}^3\dddot{Si}^2$.

## 9. Aluminium.

*Vorkommen.* Als Thonerde, nächst der Kieselsäure der häufigste Bestandtheil des Mineralreiches.

*Eigenschaften.* Wie das Magnesium nur durch Erhitzen des Chlorids mit Kalium darstellbar. Die Reduction geschieht unter starker Feuer-Erscheinung. Aus gröfseren und kleineren geschmolzenen Kügelchen bestehendes graues Metallpulver. Spec. Gewicht $= 2{,}5$. Geschmeidig. Zersetzt schon bei 100° das Wasser. In kaustischen Alkalien unter Wasserstoffgas-Entwickelung auflöslich. An der Luft geschmolzen, verbrennt es mit blendendem Glanz zu Thonerde.

***Thonerde***, Alaunerde (Aluminiumoxyd). Die reine Thonerde kommt als Mineral krystallisirt vor, als: ***Saphir***, ***Rubin*** und ***Corund*** (gemengt als ***Smirgel***); ist in diesem Zustand, nächst dem Diamant, der härteste Körper, von 4 spec. Gewicht. Die aus Verbindungen dargestellte ist ein weifses, geschmack- und geruchloses, in gewöhnlichen Feuersgraden unschmelzbares Pulver. Man erhält sie aus dem Alaun durch Fällung seiner Auflösung mit überschüssigem kohlensauren Kali, Auflösen des ausgewaschenen, kali- und schwefelsäurehaltigen Niederschlags in Salzsäure, Fällen mit Ammoniak, und Auswaschen und Trocknen des sehr voluminösen, gallertartigen Niederschlags. Dieser ist Thonerdehydrat, welches durch Glühen zu reiner Thonerde wird. In diesem Zustand ist sie in Säuren sehr schwer löslich. Von kaustischem Kali und Natron wird sie in bedeutender Menge aufgelöst, und verhält sich gegen starke Salzbasen überhaupt wie eine Säure; eine in Octaëdern krystallisirte Verbindung

der Art ist der *Spinell* (Thonerde-Talkerde), $= \dot{Mg}\dddot{Al}$. Die Thonerde besteht aus 2 At. Aluminium und 3 At. Sauerstoff, $= \dddot{Al}$, und ist die sauerstoffreichste Salzbasis. Von anderen Erden unterscheidet sie sich durch ihre Auflöslichkeit in kaustischem Kali, durch ihre Eigenschaft mit Kali und Schwefelsäure octaëdrische Krystalle von Alaun zu geben, und durch ihre Eigenschaft, mit salpetersaurem Kobaltoxyd befeuchtet und geglüht, schön blau zu werden.

*Schwefelaluminium*, $\overset{\prime\prime\prime}{Al}$. Graue, halbmetallische Masse; zersetzt sich mit Wasser sogleich in Thonerde und Schwefelwasserstoffgas.

## Salze.

Die auflöslichen Aluminiumsalze haben einen säuerlichen, süfslich zusammenziehenden Geschmack. Kaustisches Kali bewirkt darin einen, in überschüssig zugesetztem Kali wieder löslichen Niederschlag. Die neutralen Sauerstoffsalze bestehen aus 1 At. Thonerde und 3 At. Säure.

*Chloraluminium*, $AlCl^3$. Gelbliche, krystallinische, leicht schmelzbare, sehr flüchtige Masse; an der Luft zerfliefslich, in Wasser unter starker Erhitzung auflöslich. Wird erhalten durch Glühen eines Gemenges von Thonerde und Kohle in Chlorgas.

*Schwefelsaure Thonerde*, $\dddot{Al}\dddot{S}^3 + 18\dot{H}$, krystallisirt in dünnen, perlmutterglänzenden, leicht auflöslichen Blättchen.

*Schwefelsaure Kali-Thonerde*, $\dot{K}\dddot{S} + \dddot{Al}\dddot{S}^3 + 24\dot{H}$, Alaun. Wegen seiner grofsen Anwendung, besonders in der Färberei und Lederbereitung, das merkwürdigste Thonerdesalz; wird auf mehrfache Weise im Grofsen gewonnen. 1) durch Auslaugen alaunhaltiger vulkanischer Erde (Solfatara bei Neapel); 2) aus dem Alaunstein durch Rösten und nachheriges Auslaugen (Tolfa bei Civita Vecchia im Kirchenstaat); 3) am allgemeinsten aus der Alaunerde und dem Alaunschiefer (Alaunerz) durch freiwillige Verwitterung oder Rösten an der Luft, Auslaugen, Concentriren der Lauge durch Eindampfen, Zusatz eines Kalisalzes, namentlich schwefelsauren Kali's, wodurch sich der Alaun als krystallinisches

Pulver (Alaunmehl) abscheidet, Wiederauflösen desselben und Krystallisiren; 4) durch Behandlung von Thon mit Schwefelsäure, Auslaugen und Zusatz von schwefelsaurem Kali.

Der Alaun krystallisirt in regulären, farblosen Octaëdern, schmeckt säuerlich zusammenziehend, reagirt schwach sauer, ist schwer löslich in kaltem, leicht löslich in heifsem Wasser. Enthält 45,5 Proc. Krystallwasser, schmilzt beim Erwärmen unter starkem Aufschäumen, unter Verlust des Wassers, zu einer schwammigen weifsen, in Wasser sehr langsam wieder löslichen Masse (gebrannter Alaun).

Das Kali im Alaun kann durch Natron oder Ammoniumoxyd ersetzt werden, ohne Veränderung der Krystallform. Der Natron-Alaun verwittert in der Luft und zerfällt zu Mehl. Der Ammonium-Alaun wird öfters statt des Kali-Alauns angewendet und im Grofsen gewonnen, indem man der rohen Alaunlauge, statt eines Kalisalzes, das von der trocknen Destillation thierischer Stoffe gewonnene kohlensaure, oder daraus bereitetes schwefelsaures Ammoniumoxyd zusetzt.

*Kieselsaure Thonerde* kommt im Mineralreiche sehr häufig vor. Sie macht den Hauptbestandtheil der gewöhnlichen Thonarten, die Hauptmasse des Porzellans, des Steinguts, überhaupt der Töpferwaaren und der Ziegel aus, gehört daher durch diese mannigfaltige Anwendbarkeit zu den nützlichsten Naturproducten. — Der *Cyanit*, ein krystallisirtes, gewöhnlich hellblaues Mineral, ist basische kieselsaure Thonerde, $= \dddot{Al}^2 \dddot{Si}$.

*Kieselsaure Kali-Thonerde* bildet einen der allgemeinsten Bestandtheile der Erdrinde, den *Feldspath*. Er ist so zusammengesetzt, dafs, wenn man sich den Kiesel durch Schwefel vertauscht denkt, wasserfreier Alaun entsteht, $= \dot{K}\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si}^3$. Er ist durch Säuren nicht zersetzbar. Der *Leucit* ist $= \dot{K}^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\dddot{Si}^2$.

*Kieselsaure Natron-Thonerde* ist der Natron-Feldspath oder *Albit*.

*Kieselsaure Lithion-Thonerde* ist der *Petalit* und der *Spodumen*.

*Kie-*

*Kieselsaure Baryt-Thonerde*, mit Krystallwasser, bildet den *Harmotom* oder Kreuzstein.

*Kieselsaure Kalk-Thonerde* bildet in verschiedenen Verbindungs-Verhältnissen, zum Theil verbunden mit kieselsaurem Alkali, sehr viele Mineralien, z. B. den *Granat* und *Idokras*, $\dot{C}a^3\dddot{S}i + \ddot{A}l\dddot{S}i$; mit Krystallwasser z. B. die *Zeolithe*.

*Kieselsaure Thonerde mit Fluoraluminium*, $2AlF^3 + 5\ddot{A}l\dddot{S}i$, ist der Topas.

*Kohlensaure Thonerde* existirt nicht.

### 10. Beryllium.

*Vorkommen.* Nur selten, als Beryllerde vorzüglich im Beryll.

*Eigenschaften.* Bis jetzt nur als graues, in Luft und Wasser beständiges Metallpulver bekannt. Verbrennt beim Erhitzen mit grofsem Glanz zu Beryllerde.

*Beryllerde.* Weifses, geschmackloses Pulver, von 3 spec. Gewicht. Auflöslich in kaustischem Kali, aus der verdünnten Auflösung wird sie durch Kochen vollständig gefällt. Auch ist sie auflöslich in kohlensaurem Ammoniak, wodurch sie sich von der Thonerde unterscheidet und von dieser getrennt werden kann. Mit Schwefelsäure und Kali gibt sie keinen Alaun. Besteht aus 2 At. Beryllium und 3 At. Sauerstoff, $= \ddot{G}$.

Die *Beryllerdesalze* haben einen zusammenziehenden süfsen Geschmack.

*Kieselsaure Beryllerde* mit kieselsaurer Thonerde bildet den *Beryll* und *Smaragd*, $= \ddot{G}\dddot{S}i + \ddot{A}l\dddot{S}i$, die nur durch die Farbe verschieden sind und $13\frac{2}{3}$ Proc. Beryllerde enthalten. Der Beryll wird nicht durch Säuren zersetzt. Um die Erden auflöslich zu machen, mufs er als feines Pulver mit kohlensaurem Alkali geschmolzen werden.

*Thonerde-Beryllerde* bildet den *Crysoberyll*, $\ddot{G}\ddot{A}l^3$.

Die Beryllerde ist 1797 von Vauquelin entdeckt worden.

### 11—13. Yttrium, Erbium, Terbium.

*Vorkommen.* Sehr selten, als Yttererde in wenigen seltenen Mineralien.

[illegible] sehr [illegible]
[illegible] dem *Tho*[illegible]
[illegible] Thorerde [illegible]
[illegible] Metallpulve[illegible]
[illegible]

*T*[illegible] Weisses P[illegible] 9.4 spec. Gewi[illegible]
[illegible] sehr ähnlich den Cersalzen. — 1828 v[illegible]
[illegible]zelius entdeckt.

---

# II. Gruppe der Wasser zersetzenden Metalle.

## 1. Eisen.

*Vorkommen.* Das verbreitetste Metall dieser Abtheilung. Als Meteoreisen *gediegen.* Die Erze, woraus das Eisen gewonnen wird, bestehen alle aus oxydirtem Eisen; sie sind vorzüglich: *Magneteisenstein* (Oxydul-Oxyd), *Eisenglanz* und *Rotheisenstein* (Oxyd), *Brauneisensteine, Thoneisensteine* und *Raseneisensteine* (Oxydhydrat), und *Spatheisenstein* (kohlensaures Oxydul). Ferner findet es sich häufig in Verbindung mit Schwefel und mit Säuren.

*Gewinnung.* Zur Auflockerung und zur Entfernung von Wasser, Kohlensäure, Schwefel etc. werden die Erze gewöhnlich vorher an der Luft geglüht (*geröstet*). Sie werden hierauf zerkleinert und reichere Erze in der Regel mit ärmeren gemengt (*gattirt*). Je nach der Natur der Mineralien (der Gangart), welche in den Erzen die Eisenoxyde begleiten, werden den Erzen gewisse Flufsmittel (*Zuschläge*), wie Kalkstein, Quarz etc., beigemengt. Dieses Gemenge (die *Beschickung*) wird nun in abwechselnden Schichten mit Holzkohlen oder Coaks in den *Hohofen* gegeben und hier vermittelst eines sehr heftigen Gebläsefeuers eingeschmolzen, während durch die obere Mündung des Ofens beständig neue Schichten von Kohlen und Beschickung nachgefüllt werden. Das Eisen wird hierbei durch die Kohle und das Kohlenoxydgas aus seinen Oxyden reducirt, es wird in dem unteren heifsesten Raume des Ofens flüssig, und sammelt sich auf dem Boden desselben geschmolzen an. Hier wird es noch flüssig abgelassen oder ausgeschöpft. Die Gangart ist mit den Zuschlägen zusammengeschmolzen und hat damit die *Schlacke* gebildet, die von dem geschmolzenen Eisen abgenommen wird.

Das so (in *Günzen* oder *Flossen*) erhaltene Eisen heifst *Roheisen.* Es ist noch nicht reines Eisen und darum nicht schmiedbar; es kann als solches nur zu Gufswaaren ver-

wendel werden. Um es schmiedbar zu machen, in S
*eisen* zu verwandeln, wird es *gefrischt*, der *Frischar*
unterworfen; diefs beruht darauf, dafs dem Roheisen
gröfste Theil des Kohlenstoffs und andere fremde Ein
schungen, die es enthält, durch Oxydation entzogen v
den, und geschieht durch Schmelzung entweder vor d
Gebläse auf Heerden (*Frischfeuern*), oder in Flammö
(*Puddlingsarbeit*) unter abgemessenem Zutritt der Luft.
verliert hierbei allmählig seine anfängliche Schmelzbar
und wird zuletzt in Gestalt eines lose zusammenhängen
Klumpens (die *Luppe*) erhalten. Dieser wird dann n
glühend zertheilt und in einzelnen Stücken unter den sch
ren Eisenhämmern oder zwischen grofsen Walzen zu v
kantigen Stäben oder runden Stangen ausgeschmiedet o
ausgereckt.

Das metallische Eisen wird in drei verschiedenen
ständen verarbeitet und angewendet, als Roheisen, als St
eisen und als Stahl; die Eigenschaften dieser drei Ar
sind sehr verschieden, sie sind hauptsächlich durch den
gleichen Gehalt an Kohlenstoff bedingt.

1. *Roheisen*, *Gufseisen*. Wird eingetheilt in gra
und weifses. *a*) *Graues Roheisen;* schwarzgrau bis li
grau; fein- und grobkörnig; wenig hart, leicht zu fei
drehen und bohren. Erzeugt sich beim richtigen Verh
nifs der Beschickung. Bei zu viel Kohle entsteht schw
graues, graphithaltiges, *gaares* Roheisen. *b*) *Weifses R*
*eisen;* zinnweifs, stark glänzend von strahligblättrigem
dichtem, feinkörnigem Gefüge; sehr hart und sehr sprö
Entsteht bei zu viel Erz im Verhältnifs zur Kohle und
starker Wirkung des Gebläses (*grelles* Roheisen).

Das Roheisen ist spröde, nicht schmiedbar, nicht schwe
bar, aber viel leichter schmelzbar als Stabeisen; zieht s
beim Erstarren zusammen, und verändert Gefüge und Hä
bedeutend, je nachdem es langsam oder plötzlich ersta
(Temperiren oder Weichmachen von Gufswaaren durch l
ges Glühen zwischen lockeren, feuerbeständigen Subst
zen.) Erweicht bei Rothglühhitze und läfst sich dann
gen. Löst sich in verdünnter Schwefelsäure und Salzsä

unter Entwickelung eines stinkenden Wasserstoffgases und Zurücklassung von Kohle, und in sehr verdünnter kalter Salpetersäure ohne Gas-Entwickelung, mit Zurücklassung seines ganzen Kohlenstoff-Gehalts, auf. Enthält 3,15 bis 5,25 Proc. Kohlenstoff, theils chemisch gebunden, theils in Gestalt von Graphitblättchen eingemengt; aufserdem veränderliche klèine Mengen von Kiesel, Mangan, Phosphor, Arsenik, Schwefel etc.

2. *Stabeisen.* Im Bruche lichtgrau; nach dem Poliren stark glänzend; geschmiedet von sehnigem, zackigem Gefüge; das härteste und zäheste geschmeidige Metall; läfst sich nicht zu sehr dünnen Platten ausschlagen, aber zu sehr feinem Draht ausziehen; wird, glühend abgelöscht, nicht härter. Wird in der Rothglühhitze weicher und läfst sich in Weifsglühhitze zusammenschweifsen; schmilzt erst in der höchsten Weifsglühhitze. Spec. Gewicht 7,7. Magnetisch.

Das Stabeisen enthält noch $\frac{1}{2}$ Procent Kohlenstoff, gewöhnlich auch noch Spuren von Kiesel und Mangan. Durch eine geringe Einmengung von Phosphor wird es *kaltbrüchig*, d. h. in der Kälte leicht brechend, wiewohl es schweifsbar bleibt. Höchst geringe Einmengungen von Schwefel machen es *rothbrüchig*, d. h. beim Schmieden in Glühhitze brüchig. Wird, mit Kohle geschmolzen, zu Roheisen. — Kohlefreies Eisen ist nur durch Reduction von Eisenoxyd mit Wasserstoffgas, oder durch Schmelzen von reinem Stabeisen mit Eisenoxyd darstellbar. Ist weicher und weifser als gewöhnliches Stabeisen.

3. *Stahl;* ein kohlenstoffreicheres Eisen, mit weniger Kohlenstoff als im Roheisen, und mehr als im Stabeisen; nicht selten mit Spuren von Kiesel, Aluminium und Mangan. — Grauweifs; von sehr feinkörnigem, gleichem, durchaus nicht sehnigem Gefüge; sehr politurfähig. Glühend plötzlich abgekühlt (*abgelöscht*), wird er sehr hart, spröde, elastisch (*das Härten des Stahls*); beim langsamen Abkühlen bleibt er in der Kälte geschmeidig, weich, nur wenig härter als Stabeisen. In Rothglühhitze schmiedbar, in Weifsglühhitze schweifsbar. Läuft beim Erhitzen in der Luft mit verschiedenen, bei zunehmender Hitze wechselnden Farben

*Eisenoxydul-Oxyd*, eine Verbindung der beiden Eisenoxyde, findet sich natürlich, und häufig in Octaëdern krystallisirt, als Magneteisenstein, und bildet den Glühspahn oder Hammerschlag (siehe oben). Schwarz, halb metallglänzend, von schwarzgrauem Pulver, 5 spec. Gewicht, magnetisch, schmelzbar. Der krystallisirte Magneteisenstein besteht aus 1 At. Oxyd und 1 At. Oxydul, $\dot{Fe} + \dddot{Fe}$, oder das Oxyd enthält darin 3mal den Sauerstoff des Oxyduls.

*Schwefeleisen*. Eisen vereinigt sich beim Erhitzen mit Schwefel unter Feuererscheinung. Eine Schwefelstange durchbohrt weifsglühendes Stabeisen und Stahl (nicht Roheisen). Eisenfeilspähne, mit Schwefel gemengt und angefeuchtet, geben bei gewöhnlicher Temperatur schwarzes, pulveriges Schwefeleisen. Das Eisen hat fünf Schwefelungsstufen. Die höchste ist der als Mineral so häufig vorkommende *Schwefelkies*, der aus 1 Atom Eisen und 2 Atomen Schwefel besteht; in Krystallen hell messinggelb, stark glänzend, hart, unmagnetisch, in verdünnten Säuren unlöslich; verliert bei der Destillation einen Theil seines Schwefels (dient daher zur Schwefelgewinnung) und verwandelt sich in ein anderes Schwefeleisen, eine Verbindung des niedrigsten mit dem Sesquisulfuret $= \overset{\prime}{Fe}\overset{\prime\prime\prime}{Fe}$. Aehnliche Verbindungen sind die natürlich vorkommenden Arten von *Magnetkies*; man erhält sie, wenn man 2 Theile Schwefel und 3 Theile Eisenfeilspähne zusammen erhitzt und nachher schmilzt. Sie ist gelb metallisch glänzend, in's Tombackfarbene; löst sich, unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas, in verdünnten Säuren auf; wird durch Rösten an der Luft in Eisenvitriol verwandelt.

*Phosphoreisen*. Fast silberweifs, sehr politurfähig, sehr hart, spröde. Kann erhalten werden durch Zusammenschmelzen von Eisen mit Knochenpulver, Sand und Kohle.

*Arsenikeisen*. Weifs, metallisch glänzend, spröde, unmagnetisch, leicht schmelzbar; zersetzt nicht das Wasser. Die Verbindung FeAs kommt als Mineral vor und dient zur Gewinnung der arsenigen Säure. Der *Arsenikkies*, ein in zinnweifsen Krystallen vorkommendes Mineral, ist $= FeS^2 + FeAs$.

*Antimoneisen*, metallisch glänzend, spröde, unmagnetisch.

## Eisensalze.

Das Eisen bildet zwei Reihen von Salzen: die Oxydulsalze und die Oxydsalze, oder die denselben entsprechenden zweierlei Haloïdsalze. Das Oxydul ist bei weitem die stärkere Basis. — Die *Oxydulsalze* sind blaulichgrün, meist auflöslich, und schmecken süfslich, hintennach dinteartig. In Auflösung oxydiren sie sich bald zu Oxydsalzen, gewöhnlich unter Absetzung eines unlöslichen gelben basischen Salzes. Galläpfelaufgufs bewirkt darin keinen, Kaliumeisencyanür einen weifsen, sich bald bläuenden Niederschlag. — Die *Oxydsalze* sind braun, braunroth oder weifs, und die löslichen schmecken sehr herb und dinteartig. Kaliumeisencyanür bewirkt darin, selbst bei aufserordentlicher Verdünnung, einen schön blauen, und Galläpfelaufgufs einen bläulichschwarzen Niederschlag. — Weder die Oxyd-, noch die Oxydulsalze mit den stärkeren Säuren werden durch Schwefelwasserstoffgas gefällt; erstere aber dadurch, unter Fällung von Schwefel, in Oxydulsalze umgewandelt. Durch Schwefelalkalien werden alle Eisensalze schwarz gefällt. — Das Eisen wird nur durch Zink, aber nur bei vollkommen abgehaltenem Luftzutritt, aus seinen aufgelösten Salzen metallisch gefällt.

*Chloreisen.* *a*) *Eisenchlorür*, $FeCl$. Weifse Masse, in starker Hitze schmelzbar und flüchtig, sich in glänzenden Blättern sublimirend. In Wasser löslich. Entsteht durch Glühen von Eisen in Chlorwasserstoffgas oder mit Salmiak; ferner durch Auflösen von Eisen in Salzsäure. Aus der blafsgrünen Auflösung krystallisirt es mit Wasser in blafsgrünen, zerfliefslichen Krystallen. *b*) *Eisenchlorid*, $FeCl^3$; sublimirt sich in tafelförmigen, halbmetallisch glänzenden Krystallen; zerfliefslich, sehr leicht löslich. Entsteht, wenn Eisen in Chlorgas gelinde erhitzt wird, wobei es sich entzündet; ferner durch Auflösen von Eisenoxyd in Salzsäure, oder von Eisen in Königswasser. Die Auflösung ist gelb bis dunkelbraun, sehr herbschmeckend und zersetzt sich theilweise beim Verdunsten.

*Jodeisen.* a) Das *Jodür*, FeI, bildet sich leicht in aufgelöster Form, wenn man Eisenfeile und Jod mit Wasser übergiefst. Sehr leicht löslich, blafsgrüne Krystalle mit 4H. b) Das *Jodid*, $FeI^3$, ist mit gelbrother Farbe leicht löslich.

*Cyaneisen.* Es gibt ein Eisencyanür und ein Eisencyanid, für sich bis jetzt nicht darstellbar, aber um so merkwürdiger durch ihre Verbindungen mit anderen Cyanmetallen. Das *Berlinerblau*, 1710 von Diesbach in Berlin entdeckt und als Farbe allgemein bekannt, ist eine Verbindung von 3 At. Eisencyanür mit 2 At. Eisencyanid, $3FeCy + 2FeCy^3$. Im reinen Zustand tief blau, mit glänzendem, kupferfarbenem Bruch, undurchsichtig, in Wasser unlöslich. Das käufliche unreine ist mehr oder weniger hell, enthält Thonerde eingemengt. In der Glühhitze wird es zerstört und liefert, in Folge seines chemisch-gebundenen und unzersetzt nicht abscheidbaren Wassers, verschiedene flüchtige Producte, unter Zurücklassung von eisenhaltiger Kohle. Wird von verdünnten, kalten Säuren nicht verändert.

Es entsteht, wenn man ein Gemenge von einem Eisenoxyd- und einem Eisenoxydul-Salz in Auflösung mit Cyankalium vermischt. Im Grofsen wird es durch Fällung eines Eisenoxyd-Salzes mit Kaliumeisencyanür oder, in weniger reinem Zustand, auf folgende Weise dargestellt: Stickstoffhaltige thierische Substanzen: getrocknetes Blut, Fleisch, Horn, Klauen, oder die bei der Salmiakgewinnung erhaltene stickstoffhaltige Kohle, werden mit Pottasche geglüht, aus der Masse das gebildete Cyankalium mit Wasser ausgelaugt, die Auflösung (*Blutlauge*) mit aufgelöstem Eisenvitriol (und gewöhnlich auch Alaun) vermischt, und der Niederschlag so lange mit frischem Wasser ausgewaschen, bis er rein blau geworden ist, worauf man ihn trocknet.

*Kaliumeisencyanür* (blausaures Eisenkali, Blutlaugensalz). Durch Kochen mit kaustischer Kalilauge verliert das Berlinerblau seine Farbe und wird in Eisenoxydhydrat umgewandelt, während sich darüber eine gelbe Auflösung bildet. Beim Verdunsten schiefsen daraus tafelförmige, citronengelbe Krystalle an, eine Verbindung von 1 Atom Eisen-

*cyanür*, mit 2 Atomen Cyankalium und 3 Atomen Wasser, $2K\mathrm{Cy} + Fe\mathrm{Cy} + 3\dot{H}$, welches letztere erst beim Erhitzen entweicht, und welches gerade hinreicht, um Eisen und Kalium zu Eisenoxydul und Kali zu oxydiren und das Cyan in Cyanwasserstoff zu verwandeln. Dieselbe Verbindung entsteht, unter Wasserstoffgas-Entwickelung und Bildung von Kalihydrat, wenn man Eisen mit einer Lösung von Cyankalium erhitzt, oder unter Absorption von Sauerstoff und Bildung von Kali, wenn man Eisen mit aufgelöstem Cyankalium mit der Luft in Berührung läfst. — Durch Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure wird es, unter Entwickelung von viel Kohlenoxydgas, in $\dot{K}\ddot{S}$, $Fe\ddot{S}$ und schwefelsaures Ammoniumoxyd verwandelt. — Im Grofsen wird es gewonnen durch gelindes Glühen von Thierstoffen mit Pottasche und Eisen, Auslaugen der Masse und Krystallisiren; oder durch Vermischung der Blutlauge mit wenig Eisenvitriol und Krystallisiren.

Gleich wie mit dem Cyankalium, verbindet sich das Eisencyanür in derselben Proportion auch mit den meisten übrigen Cyanmetallen, und bildet so eine grofse Reihe von Doppel-Verbindungen. Die mit den Radicalen der Alkalien und alkalischen Erden sind auflöslich und krystallisirbar, und man erhält sie auf ähnliche Weise, wie die Kalium-Verbindung; die meisten übrigen sind unlöslich und entstehen alsdann als farblose oder gefärbte Niederschläge, durch Vermischung von aufgelöstem Cyaneisenkalium mit einem aufgelösten Metallsalz. — Bei Vermischung von aufgelöstem Kaliumeisencyanür mit einem aufgelösten Eisen*oxydsalz* entsteht Berlinerblau. Hierauf beruht auch die Anwendung des Cyaneisenkaliums in der Färberei.

Leitet man durch eine Auflösung von Cyaneisenkalium Chlorgas, so wird das Eisencyanür in Cyanid umgeändert, und es schiefsen nach dem Verdunsten der Auflösung schön rothe, durchsichtige, glänzende Krystalle an, eine Verbindung von 1 Atom Eisen*cyanid* mit 3 Atomen Cyankalium, ohne Wasser, *Kaliumeisencyanid*, $=3K\mathrm{Cy}+Fe\mathrm{Cy}^3$. Auch mit anderen Cyanmetallen bildet das Eisencyanid, gleich

dem Cyanür, eine Reihe ähnlicher Doppel-Verbindungen. — Das rothe Cyaneisenkalium gibt mit den Eisen*oxydul*salzen Berlinerblau.

*Wasserstoffeisencyanür*, $2\mathrm{H}\,\mathrm{Cy} + \mathrm{Fe}\,\mathrm{Cy}$, entsteht durch Zersetzung von in Wasser vertheiltem Bleieisencyanür mit Schwefelwasserstoff. In Gestalt weifser Krystallschuppen scheidet es sich ab, wenn man eine gesättigte, luftfreie Lösung von Kaliumeisencyanür mit Salzsäure versetzt und dann eine kleine Menge Aether zumischt. Farblose, krystallinische, in Wasser leicht lösliche, sauer schmeckende und reagirende, geruchlose Masse. Ihre Auflösung bildet bei Luftzutritt Berlinerblau. Mit den Basen erzeugt sie die Doppelcyanüre. Eine ähnliche Wasserstoff-Verbindung bildet das Eisencyanid.

*Schwefelsaures Eisenoxydul*, Eisenvitriol, $\dot{\mathrm{Fe}}\dddot{\mathrm{S}} + 6\dot{\mathrm{H}}$. Blafs blaulichgrüne, klare Krystalle; verwittert in trockner Luft und wird gelb; in Wasser leicht löslich; die blafsgrüne Auflösung verwandelt sich in der Luft allmählig in braungelbe Oxydul-Oxyd-Lösung, unter Absetzung eines gelben, basischen Salzes. Verliert beim Erhitzen 42 Procent Krystallwasser und wird weifs. Verwandelt sich bei stärkerer Hitze in braunrothes Oxydsalz, welches, bei Glühhitze destillirt, in rauchende Schwefelsäure und Eisenoxyd zerlegt wird (vergl. S. 37.). — Entsteht durch Auflösung von Eisen in verdünnter Schwefelsäure. Wird wegen seiner bedeutenden Anwendung, namentlich in der Färberei, zur Dinte etc., im Grofsen gewonnen durch Rösten, Verwittern und Auslaugen der Schwefelkiese.

*Schwefelsaures Eisenoxyd*, $\dddot{\mathrm{Fe}}\dddot{\mathrm{S}}^3$. Nicht krystallisirbare, weifse, in Wasser mit rothgelber Farbe lösliche Masse. In concentrirter Schwefelsäure unauflöslich. Wird erhalten durch Sättigung von Eisenoxyd mit Schwefelsäure und Eintrocknen, oder durch Oxydation des Oxydulsalzes. — Das Eisenoxyd bildet mit der Schwefelsäure aufserdem noch mehrere basische Salze. So ist z. B. der Ocher, der sich aus einer Vitriollösung an der Luft absetzt, *fünffach-basisches schwefelsaures Eisenoxyd*, $\dddot{\mathrm{Fe}}^2\dddot{\mathrm{S}}$ oder $\dddot{\mathrm{Fe}}\dddot{\mathrm{S}}^3 + 5\dddot{\mathrm{Fe}}$.

*Schwefelsaures Eisenoxyd-Kali* und *-Ammoniumoxyd*

krystallisiren beide mit Krystallwasser in blafs amethystfarbenen Octaëdern wie Alaun; auch sind sie auf dieselbe Weise wie dieser zusammengesetzt, nur dafs darin das Aluminium durch Eisen vertreten ist. Das Kali-Doppelsalz zersetzt sich schon bei + 30°, selbst in Auflösung.

*Salpetersaures Eisenoxyd*, $\ddot{F}e\overset{\therefore}{\ddot{N}}{}^3$. Rothbraune, nicht krystallisirbare Masse. Eisen wird von mäfsig concentrirter Salpetersäure mit grofser Heftigkeit angegriffen; in höchst concentrirter bleibt es blank und unangegriffen, und verliert durch den Contact mit ihr die Eigenschaft, Kupfer und Silber aus ihren Auflösungen metallisch zu fällen.

*Salpetersaures Eisenoxydul.* Eisen löst sich in sehr verdünnter, kalter Salpetersäure ohne Gas-Entwickelung zu salpetersaurem Eisenoxydul-Ammoniak auf.

*Phosphorsaures Eisenoxydul*, $\dot{F}e^2\overset{\therefore}{\ddot{P}}$, entsteht als weifser Niederschlag, der sich an der Luft in blaues Oxyd-Oxydulsalz verwandelt. Das Salz $\dot{F}e^3\overset{\therefore}{\ddot{P}} + 6\dot{H}$ kommt als Mineral in durchsichtigen, blauen Krystallen vor (Vivianit).

*Phosphorsaures Eisenoxyd*, $\ddot{F}e^2\overset{\therefore}{\ddot{P}}{}^3 + 12\dot{H}$. Durch wechselseitige Zersetzung erhalten, bildet es ein weifses Pulver. Wird beim Erhitzen braun. Kaustische Kalilösung entzieht ihm nur einen Theil der Säure und verwandelt es in ein braunes basisches Salz.

*Arseniksaures Eisenoxydul*, $\dot{F}e^2\overset{\therefore}{\ddot{A}}s$, weifser Niederschlag, wird an der Luft schmutzig grün.

*Arseniksaures Eisenoxyd*, $\ddot{F}e^2\overset{\therefore}{\ddot{A}}s^3 + 12\dot{H}$. Weifser Niederschlag, ganz ähnlich dem phosphorsauren Salz. In Ammoniak mit rother Farbe löslich. Arseniksaures Eisenoxyd-Oxydul bildet in ungleichen Verbindungsverhältnissen zwei krystallisirte Mineralien, den Skorodit und das Würfelerz.

*Kieselsaures Eisenoxydul* bildet sich, häufig krystallisirt, in der Frischschlacke; macht einen Bestandtheil vieler Mineralien aus. Eben so das *Oxydsalz*.

*Kohlensaures Eisenoxydul*, $\dot{F}e\ddot{C}$; natürlich als Spatheisenstein, in Rhomboëdern krystallisirt; gewöhnlich gemengt mit dem gleich krystallisirenden kohlensauren Kalk-, Talkerde- und Manganoxydul-Salz; farblos, häufiger gelb,

braun bis schwarz. Findet sich häufig in kohlensäurehaltigen Mineralwassern aufgelöst. Das künstlich dargestellte ist ein weifser Niederschlag, der sich an der Luft rasch in braunes, fast kohlensäurefreies Eisenoxydhydrat umändert.

*Kohlensaures Eisenoxyd* ist nicht in bestimmter Sättigungsstufe bekannt.

*Oxalsaures Eisenoxydul*, $\dot{Fe}\,\ddot{C}$; gelbes, kaum lösliches Pulver. Gibt bei gelindem Glühen Kohlensäuregas und selbstentzündliches metallisches Eisen.

Das Eisen läfst sich mit den meisten übrigen Metallen zusammenschmelzen, allein keine dieser Legirungen ist von technischer Anwendung. Einige Metalle, namentlich Silber, in sehr geringer Menge dem Stahl beigemischt, scheinen seine Eigenschaften zu verbessern.

## 2. Nickel.

*Vorkommen.* Selten; hauptsächlich in Verbindung mit Arsenik. In geringer Menge im Meteoreisen und Chrysopras.

*Eigenschaften.* Zwischen gelblichweifs und stahlgrau; stark glänzend; von der Härte des Eisens; vollkommen streck- und dehnbar; von 8,8 spec. Gewicht; fast so strengflüssig wie Stabeisen. Magnetisch.

*Oxyde.* Das Nickel hat ein dunkel grünlichgraues Oxydul, $= \dot{Ni}$, und ein schwarzes Oxyd, $= \dddot{\overline{Ni}}$. Selbst in feuchter Luft bleibt das Metall blank; erhitzt läuft es mit Stahlfarben an. Das Nickeloxydul ist durch Kohle und Wasserstoffgas und durch Glühen seines oxalsauren Salzes äufserst leicht reducirbar; in starker Weifsglühhitze und in offenen Gefäfsen wird es, ohne Zusatz von Kohle, schon durch das Kohlenoxydgas im Ofen reducirt.

In Salpetersäure ist das Nickel leicht auflöslich. Die Nickeloxydulsalze und ihre Auflösungen sind grün. Kaustisches Kali schlägt daraus apfelgrünes Oxydulhydrat, kohlensaures Kali blafs apfelgrünes basisches kohlensaures Salz, Oxalsäure blafsgrünes, pulverförmiges oxalsaures Salz nieder. Ammoniak färbt die Auflösungen, ohne Fällung, blau und violett. Bei Säure-Ueberschufs werden die Nickelsalze nicht durch Schwefelwasserstoff gefällt. Schwefelalkalien

fällen daraus schwarzes Schwefelnickel. Das Nickel wird aus seinen Auflösungen durch kein anderes Metall reducirt.

Das *Nickeloxydul* wird durch Glühen des Hydrats oder des kohlensauren Oxyduls erhalten. Das *Nickeloxyd* entsteht durch Berührung des kohlensauren Nickeloxyduls mit unterchlorigsaurem Natron. Von Oxalsäure und von Ammoniak wird es zersetzt, von ersterer unter Entwickelung von Kohlensäure; von letzterem unter Entwickelung von Stickgas. Es verhält sich im Ganzen wie ein Superoxyd.

Das *Cyannickel*, $Ni\,Cy$, erhalten durch Fällung eines Oxydulsalzes mit Cyankalium, ist ein blafs grünliches Pulver. Von Cyanalkalien wird es sehr leicht aufgelöst und bildet damit krystallisirende Doppelsalze von tief gelber Farbe.

*Schwefelnickel*, $\overset{\prime}{Ni}$. Die Vereinigung geschieht unter starker Feuerentwickelung. Hell messinggelb, spröde. Findet sich natürlich als *Haarkies*.

*Arseniknickel*, $Ni\,As$, kommt als grauweifses, metallisch glänzendes Mineral vor. $Ni^2\,As$ bildet das am häufigsten vorkommende Nickelerz, den sogenannten *Kupfernickel*. Es ist hell kupferfarben.

*Antimonnickel*, $Ni^2\,Sb$, ist blafs kupferfarben, ins Violette. Kommt ebenfalls als Mineral vor.

Das Nickel wird bis jetzt nur zur Fabrication des Neusilbers, einer Legirung von Nickel, Kupfer und Zink, gebraucht. Hierzu wird es gewöhnlich in nicht ganz reinem Zustand aus der Kobaltspeise, einem aus Arseniknickel und mehreren anderen Metallen bestehenden Hüttenproduct, gewonnen.

Zur Darstellung von ganz reinem Nickel erhitzt man ein Gemenge von 1 Th. Arseniknickel (Kobaltspeise), 2 Th. Salpeter und $\frac{1}{2}$ Th. Pottasche längere Zeit bis zum Glühen, wodurch alle Metalle oxydirt und arseniksaures Kali gebildet werden, welches letztere man mit Wasser auszieht; oder man schmilzt das Arseniknickel mit dem dreifachen Gewichte Pottasche und Schwefel. Hierdurch entsteht Kalium-Sulfarseniat, welches man in Wasser auflöst, und Schwefelnickel, welches zurückbleibt. Die Oxyde werden in Salzsäure oder das Schwefelnickel in Salpetersäure aufgelöst,

wobei Schwefel zurückbleibt. In der Auflösung ist das Nickel gewöhnlich noch verunreinigt durch Kupfer, Wismuth, Eisen und Kobalt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas werden Kupfer und Wismuth niedergeschlagen. Die davon abfiltrirte und vom überschüssigen Schwefelwasserstoff befreite Auflösung wird heifs durch kohlensaures Kali niedergeschlagen. Der Niederschlag, welcher aus kohlensaurem Nickeloxydul besteht, verunreinigt durch Kobaltoxydul und Eisenoxyd, wird ausgewaschen und mit einem Ueberschusse von aufgelöster Oxalsäure übergossen. Hierdurch bildet sich ungelöst bleibendes oxalsaures Nickeloxydul und Kobaltoxydul, und eine Auflösung von oxalsaurem Eisenoxyd, die man von ersteren abfiltrirt. Das oxalsaure Nickeloxydul, welches jetzt nur noch durch Kobaltoxydul verunreinigt ist, wird in kaustischem Ammoniak aufgelöst, und die blaue Auflösung zur Verdunstung des Ammoniaks an der Luft stehen gelassen. Während dessen schlägt sich das Nickel als blaugrünes, oxalsaures Nickeloxydul-Ammoniak nieder, das oxalsaure Kobaltoxydul aber bleibt mit rosenrother Farbe aufgelöst. Durch Glühen des oxalsauren Nickeloxyduls in einem bedeckten Tiegel erhält man reines metallisches Nickel.

1751 von Cronstedt entdeckt.

## 3. Kobalt.

*Vorkommen.* Nicht sehr häufig; hauptsächlich mit Arsenik als *Speiskobalt*, und mit Schwefel und Arsenik als *Glanzkobalt*. Fast steter Begleiter des Nickels.

*Eigenschaften.* Stahlgrau, stark glänzend, sehr politurfähig, hart, spröde, von 8,5 spec. Gewicht; schmilzt ungefähr so schwer wie Roheisen. Magnetisch.

*Oxyde.* Das Kobalt ist in der Luft unveränderlich. In Salpetersäure oxydirt es sich leicht zu einer rosenrothen Auflösung von salpetersaurem Kobaltoxydul. Kaustisches Kali fällt daraus bei gewöhnlicher Temperatur ein schön *blaues* basisches Salz, welches bald schmutzig violett wird; bei Siedhitze aber entsteht ein *rosenrother* Niederschlag, welcher *Kobaltoxydulhydrat* ist. In Ammoniak ist dieses un-

unlöslich, in Ammoniaksalzen löst es sich mit brauner Farbe. Durch schwaches Glühen bei abgehaltener Luft wird es zu reinem *Kobaltoxydul*, $= \dot{C}o$, welches olivengrün ist und sich an der Luft bräunt. Durch Wasserstoffgas und Kohle leicht reducirbar.

Die Kobaltoxydulsalze sind carmoisinroth, rosenroth und pfirsichblüthfarben. Ammoniak fällt daraus blaues basisches Salz, welches durch Einwirkung der Luft grün wird und sich allmählig auflöst. Bei Gegenwart eines Ammoniaksalzes werden die Kobaltoxydulsalzes nicht durch Ammoniak gefällt. Kohlensaure Alkalien bilden einen pfirsichblüthfarbenen, in der Siedhitze aber einen unrein rosenrothen Niederschlag, welcher letztere $2\dot{C}o\ddot{C}\dot{H} + 3\dot{C}o\dot{H}$ ist. Phosphorsaure Alkalien fällen hell blaues phosphorsaures, kieselsaure Alkalien tief blaues kieselsaures, Oxalsäure blafs rosenrothes oxalsaures Kobaltoxydul. Schwefelwasserstoffgas fällt sie nicht; Ammonium-Sulfhydrat fällt daraus schwarzes Schwefelkobalt.

Das *Kobaltoxyd*, $\dddot{Co}$, entsteht, als ein schwarzes Hydrat, durch Behandeln des Oxydulhydrats mit unterchlorigsaurem Natron. Bei gelindem Glühen verwandelt es sich in schwarzes $\dot{C}o\dddot{Co}$, welche Verbindung auch beim Glühen des Oxydhydrats an der Luft entsteht. Das Kobaltoxyd ist eine nur schwache Basis. Von Salzsäure wird es unter Chlor-Entwickelung aufgelöst. Mit Oxalsäure verwandelt es sich, unter Kohlensäure-Entwickelung, in rosenrothes Oxydulsalz. Das Ammoniak zersetzt es nicht.

Die Kobaltoxyde lösen sich in schmelzendem Glas mit tief blauer Farbe auf. Hierauf gründet sich die Anwendung des Kobalts als blaue Farbe zu Glas, auf Email, Porzellan und überhaupt Glasuren, und zur Darstellung der Smalte. Die *Smalte* wird auf den Blaufarbewerken bereitet durch Zusammenschmelzen der gerösteten Kobalterze mit Sand und Pottasche, und Pochen und Mahlen des tief blauen Glases. — Das schöne *Leidnerblau* (Thonerde-Kobaltoxydul) wird erhalten durch Fällung eines Gemenges von Alaun- und Kobaltsalz-Lösung mittelst Alkali's, und

Glühen des Niederschlages. Das Rinmann'sche *Grün* (Zinkoxyd-Kobaltoxydul) wird auf gleiche Weise, nur mit Anwendung von Zinksalz statt Alaun, dargestellt.

*Kobaltchlorür.* Blafsroth, mit rosenrother Farbe in Wasser löslich; bildet mit Wasser granatrothe Krystalle. Die salzsäurehaltige Lösung wird beim Erwärmen und Concentriren blau (sympathetische Dinte).

*Arsenikkobalt*, Co As, bildet das gewöhnlichste Kobalterz, den *Speiskobalt*. Zinnweifs, häufig krystallisirt. Ein anderes Kobalterz, welches ebenfalls bergmännisch gewonnen wird, ist der *Kobaltglanz*, $CoS^2 + CoAs$, in röthlich silberweifsen, stark glänzenden Krystallen.

Zur Darstellung von reinem Kobaltmetall aus den Kobalterzen wird dasselbe Verfahren angewendet, wie zur Reinigung des Nickels.

Die Anwendung der Kobalterze zu Smalte war schon im 16ten Jahrhundert bekannt; 1733 stellte Brandt das Metall daraus dar.

## 4. Mangan

*Vorkommen.* Nicht gediegen; fast nur oxydirt; sehr verbreitet.

*Darstellung.* Durch Reduction eines mit Kohlenpulver gemengten Manganoxyds in dem heftigsten Gebläsefeuer. (10 Th. Oxyd mit 1 Th. Kohle und 1 Th. calcinirtem Borax in einem Kohlentiegel.)

*Eigenschaften.* Grauweifses, wenig glänzendes, weiches, sehr sprödes Metall, von 7,0 spec. Gewicht; höchst strengflüssig. Oxydirt sich schnell in der Luft und in Wasser (unter Wasserstoffgas-Entwickelung) und zerfällt zu einem schwarzgrünen Pulver.

*Oxyde.* Das Mangan hat 5 Oxydationsstufen: Oxydul, Oxyd, Superoxyd, Mangansäure und Uebermangansäure, in denen sich die Sauerstoffmengen wie 2, 3, 4, 6 und 7 verhalten.

*a) Manganoxydul*, $\dot{M}n$. Dunkel graugrünes Pulver; verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu braunem Oxyduloxyd. Wird erhalten durch Glühen von kohlensaurem Manganoxydul in Wasserstoffgas. Ist die Basis der Manganoxy-

dulsalze, aus denen es durch Kali als weifses Hydrat gefällt wird, das sich in Berührung mit der Luft schnell in schwarzbraunes Oxydhydrat verwandelt.

Die Manganoxydulsalze haben meist eine blafsrosenrothe Farbe; so z. B. das krystallisirte *schwefelsaure Manganoxydul*, erhalten durch Erhitzen von Braunstein mit Schwefelsäure, Auflösen und Krystallisiren; das natürliche, krystallisirte kieselsaure Manganoxydul (Mangankiesel). Die Auflösungen der Manganoxydulsalze geben mit kohlensauren, phosphorsauren und oxalsauren Alkalien einen weifsen, mit Kaliumeisencyanür einen röthlichweifsen, mit Ammonium-Sulfhydrat einen gelblich-fleischrothen Niederschlag. Von Schwefelwasserstoffgas werden sie nicht gefällt. Unterchlorigsaure Salze schlagen daraus schwarzbraunes Superoxydhydrat nieder.

*b*) *Manganoxyd*, $\overset{\cdots}{\overline{Mn}}$. Findet sich als Mineral. Schwarz. Schwache Basis; nur in wenigen Säuren ohne Zersetzung löslich. Das Manganoxydhydrat kommt als Mineral in dunkel eisenschwarzen Krystallen vor; gibt ein braunes Pulver.

*Manganoxydul-Oxyd*, $\dot{Mn}\overset{\cdots}{\overline{Mn}}$; findet sich ebenfalls als Mineral krystallisirt. Das künstliche ein braunes Pulver. Wird erhalten durch heftiges Glühen des Superoxyds, oder durch Glühen des kohlensauren Oxyduls an der Luft. — Gibt mit Kieselsäure und Glasflüssen amethystfarbene Verbindungen, z. B. Amethyst.

*c*) *Mangansuperoxyd*, $\ddot{Mn}$, Graubraunsteinerz, Braunstein. Stahlgraue, glänzende Krystalle oder krystallinische Massen. Es enthält 36,64 Procent Sauerstoff. Bei gelindem Glühen verliert es 9 Proc. und wird zu Oxyd, bei starkem Glühen 12 Procent und wird zu Oxyduloxyd, beim Erhitzen mit Schwefelsäure 18 Procent und wird zu schwefelsaurem Oxydul. — Wird bergmännisch gewonnen und zur Darstellung des Sauerstoffgases, des Chlors, zur Glasfabrication und als Farbe auf Porzellan und Glasuren gebraucht.

*d*) *Mangansäure*, $\dddot{Mn}$. Durch Zusammenschmelzen von gleichen Theilen Kalihydrat und feingeriebenem Braunstein entsteht eine schwarze Masse (*mineralisches Chamäleon*), mit der Wasser eine tief grüne Auflösung bildet, welche

an der Luft schnell durch Blau, Violett und Purpur in Roth übergeht. Die grüne Auflösung enthält mangansaures Kali, welches in grünen Krystallen, von der Form des schwefelsauren Kali's, erhalten werden kann. Wegen ihrer sehr leichten Zersetzbarkeit konnte die Mangansäure noch nicht für sich dargestellt werden.

*e*) *Uebermangansäure*, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot\cdot}{Mn}}$. Die rothe Auflösung des mineralischen Chamäleons enthält übermangansaures Kali. Es krystallisirt in schwarzrothen Krystallen, von der Form des überchlorsauren Kali's, und löst sich mit tief purpurrother Farbe in Wasser auf. Es entsteht aus dem krystallisirten mangansauren Kali, wenn man dieses in reinem Wasser auflöst, oder wenn man die grüne Auflösung des Chamäleons an der Luft stehen läfst, oder mit einer verdünnten Säure vermischt, wobei sich stets Mangansuperoxyd abscheidet. Am leichtesten bildet es sich, wenn man ein inniges Gemenge von 5 Th. Kalihydrat, $3\frac{1}{2}$ Th. kohlensaurem Kali und 4 Th. Braunstein bis zum schwachen Rothglühen erhitzt, die Masse alsdann mit vielem Wasser kocht, und das übermangansaure Kali krystallisiren läfst. Die Auflösung der reinen Uebermangansäure in Wasser ist prächtig roth; sie kann nicht concentrirt werden, weil sie sich schon bei gewöhnlicher Temperatur allmählig in Sauerstoffgas und Superoxyd zersetzt. Bei + 40° geschieht diefs sogleich. Mit organischen Substanzen zersetzt sie sich äufserst leicht, darum kann sie, so wenig wie ihre Salze und die mangansauren Salze, durch Papier filtrirt werden. Mit schwefliger Säure verwandelt sie sich unter augenblicklicher Entfärbung in schwefelsaures Manganoxydul.

Die Uebermangansäure, analog zusammengesetzt wie die Ueberchlorsäure, ist mit derselben isomorph.

*Manganchlorür*, Mn Cl. Hell bräunliche, krystallinische, in Glühhitze schmelzbare Masse. Zerfliefslich, in Wasser leicht löslich, woraus es in Verbindung mit Wasser in rosenrothen Krystallen anschiefst. Entsteht durch Auflösung von Braunstein in Salzsäure, unter Chlor-Entwickelung.

Der Braunstein wird schon seit den ältesten Zeiten zum

Entfärben des Glases angewendet. Gahn reducirte daraus zuerst das Metall.

### 5—7. Cerium, Lanthan, Didym.

*Vorkommen.* Sehr selten; stets zusammen in wenigen seltenen Mineralien; nur oxydirt, vorzüglich im *Cerit* (Silicat).

Die Eigenschaften dieser drei Metalle sind so ähnlich, dafs es bis jetzt nicht gelungen ist, sie vollständig von einander zu trennen. Was man früher unter braunem Ceroxyd verstand, ist ein Gemenge der Oxyde dieser drei Metalle. In Salzsäure löst es sich unter Chlor-Entwickelung auf. Schwefelsaures Kali fällt aus dieser Lösung alle drei Oxyde als weifse krystallinische Doppelsalze. Aus der gelben Lösung des Oxyds in Schwefelsäure fällt schwefelsaures Kali citrongelbe Doppelsalze.

Das Ceroxyd wurde 1803 von Berzelius und Hisinger, und gleichzeitig von Klaproth entdeckt; Lanthan und Didym 1839 und 1842 von Mosander.

### 8. Zink.

*Vorkommen.* Als kieselsaures und kohlensaures Zinkoxyd (Galmei); als Schwefelzink (Blende).

*Gewinnung im Grofsen.* Durch Destillation des gerösteten, mit Kohlenpulver gemengten Galmei's oder der gerösteten Blende in thönernen, als Retorten dienenden Gefäfsen (Muffeln oder Röhren).

*Eigenschaften.* Blaulichweifs, stark glänzend, von grofsblättrigem Gefüge; unter starken Hammerschlägen zerspringend; bei vorsichtigem Druck und 100° warm, völlig geschmeidig, zu Blech auswalzbar und zu Draht ziehbar. Spec. Gewicht 6,8. Schmilzt bei 360°, kocht in der Weifsglühhitze, läfst sich also destilliren.

*Zinkoxyd*, $\dot{Z}n$. Es ist die einzige Oxydationsstufe des Zinks. Weifses, bei jedesmaligem Erhitzen vorübergehend gelb werdendes Pulver. Das blanke Zink wird in der Luft grau; eben so bei gelindem Schmelzen. In der Glühhitze oder bei Gegenwart von Säuren zersetzt es mit grofser

## 10. Zinn

*Vorkommen.* Hauptsächlich als Oxyd (Zinnstein).

*Gewinnung im Groſsen.* Der zerkleinerte, durch Waschen und Rösten von fremdem Gestein und Erzen befreite Zinnstein wird in Schacht- oder Flammöfen mit Kohle und Zuschlägen geschmolzen, und das erhaltene Zinn durch aussaigerndes Umschmelzen bei gelinder Hitze gereinigt. — Das *Malacca-Zinn* und *englische Korn-Zinn* das reinste; folgt das *englische Blockzinn* und *sächsische* und *böhmische Bergzinn*. Die Verunreinigungen bestehen in Arsenik, Blei, Kupfer etc.

*Eigenschaften.* Fast silberweiſs, stark glänzend; krystallisirbar; weicher als Gold, härter als Blei; knistert beim Biegen; läſst sich in dünne Platten ausbreiten (*Stanniol*). Spec. Gewicht 7,29. Schmilzt bei 228°.

*Oxyde.* Das Zinn hat drei Oxydationsstufen. Es bleibt an der Luft unverändert. An der Luft geschmolzen, bedeckt es sich mit einem weiſsen Pulver, *Zinnasche* (unreines Oxyd). In der Weiſsglühhitze verbrennt es mit blendend weiſsem Licht. Es zersetzt in der Hitze und bei Gegenwart von Säuren das Wasser, wird also von Salzsäure und Schwefelsäure unter Wasserstoffgas-Entwickelung aufgelöst.

a) *Zinnoxydul*, $\dot{Sn}$. Grauschwarzes, schweres Pulver; ist leicht entzündlich und verbrennt zu weiſsem Oxyd, ist eine Salzbasis, und bildet sich bei Auflösung des Zinns in verdünnter kalter Salpetersäure, ohne Gas-Entwickelung, aber unter gleichzeitiger Bildung von Ammoniak. Durch Zersetzung des Zinnchlorürs mit kohlensaurem Natron erhält man es als weiſses Hydrat. Wird dieses in concentrirter Kalilauge gelöst und damit erwärmt, so wird es in wasserfreies, schwarzes, krystallinisches Oxydul verwandelt.

b) *Zinnsesquioxyd*, $\dddot{\bar{S}n}$. Bildet sich und fällt als schleimige weiſse Masse nieder, wenn Zinnchlorür mit Eisenoxydhydrat digerirt wird.

c) *Zinnsäure*, $\ddot{Sn}$. Natürlich und krystallisirt als *Zinnstein*; in diesem Zustande bräunlichgelb, braun bis fast schwarz, mit glänzenden Flächen, sehr hart und von 6,9

spec. Gewicht; die künstlich dargestellte ist ein weifses oder gelbes, schweres, unschmelzbares Pulver. Die natürliche und die geglühte Zinnsäure ist in Säuren unauflöslich. Durch Kohle nur in starker Glühhitze reducirbar. Die Zinnsäure verhält sich zu stärkeren Säuren zugleich wie eine schwache Base. Man erhält sie durch Oxydation von Zinn an der Luft oder durch Salpetersäure, von der es mit Heftigkeit in weifse wasserhaltige Zinnsäure verwandelt wird, oder durch Fällung einer Auflösung des Zinnchlorids in Wasser, mit kohlensaurem Alkali. Je nach ihrer Bildungsweise erhält man sie in zweierlei isomerischen Zuständen.

Die Zinnsäure wird, als Zinnasche, zur Bereitung des weifsen Emails und zum Poliren beim Steinschleifen gebraucht.

*Schwefelzinn.* Schmelzendes Zinn vereinigt sich unter Erglühen mit Schwefel. Bleigraue, blättrige, krystallinische, spröde Masse, $= SnS$. — Durch Aufnahme von noch einmal so viel Schwefel entsteht ein aus goldfarbenen, talkartigen Schuppen bestehendes Zinnsulfid, das ***Musivgold***, $= SnS^2$, bekannt durch seine Anwendung zum Bronziren. Man erhält es durch längeres, kaum bis zum Glühen reichendes Erhitzen eines Gemenges von gleichen Theilen sehr fein vertheilten Zinns, Schwefels und Salmiaks. — Im Glühen verliert das Musivgold die Hälfte seines Schwefels.

*Phosphorzinn* ist zinnweifs, halb geschmeidig; *Arsenikzinn* weifs, spröde, krystallinisch; *Antimonzinn* sehr spröde, krystallinisch.

### Salze.

Aus den Zinnsalzen wird das Zinn durch Zink metallisch und krystallinisch gefällt. Aus den Oxydulsalzen schlägt Schwefelwasserstoff schwarzbraunes, aus den Oxydsalzen hellgelbes Schwefelzinn nieder. Kaustisches Kali fällt aus den Oxydul- und aus den Oxydsalzen weifses Oxydul- oder Oxydhydrat, beide löslich in überschüssigem Kali. In Ammoniak ist das Oxydulhydrat unlöslich, das Oxydhydrat löslich. Kohlensaure Alkalien fällen aus beiden Arten der Zinnsalze blofses Hydrat. Das gelbe Schwefelzinn, weil es ein Sulfid ist, wird von Schwefelalkalien leicht aufgelöst.

wandelt es sich in niederfallendes schwarzes Oxydul und in Chlorwasserstoff. Ammoniak fällt daraus schwarzbraunes Oxydulhydrat.

*Uranoxyd-Kaliumuranchlorid.* $3\mathrm{KCl} + \mathrm{UCl}^2 \dddot{\mathrm{U}}^2$, bildet lebhaft grünlichgelbe Krystalle: wird erhalten durch Auflösen von Uranoxyd in Chlorwasserstoffsäure, Vermischen der Lösung mit Chlorkalium und Abdampfen. In Wasserstoffgas geglüht, verwandelt sich der ganze Urangehalt in schwarzes krystallinisches Oxydul.

Das Uranoxydul wird als schönste und feuerbeständigste schwarze Farbe in der Porzellanmalerei angewendet.

1789 von Klaproth entdeckt.

# III. Gruppe der Metalle.

## 1. Blei.

*Vorkommen.* Am häufigsten als Schwefelblei (Bleiglanz); aufserdem als Oxyd in Verbindung mit vielen Säuren.

*Gewinnung aus Bleiglanz.* 1) Rösten des Bleiglanzes und Schmelzen des oxydirten Erzes mit Kohle und Kalkzuschlag, beides in einem und demselben Flammofen; oder Schmelzen des gerösteten Erzes in Schachtöfen. Die Producte sind: reducirtes Blei (*Werkblei*), Schlacke und geschmolzenes Schwefelblei (*Bleistein*), welches letztere von Neuem geröstet und geschmolzen wird. 2) Ungerösteter Bleiglanz wird in Schachtöfen mit Eisen geschmolzen, wodurch Blei, Schwefeleisen und Schlacke entstehen.

Gold- und silberhaltiges Werkblei wird auf *Treibheerden* oxydirt, wobei Gold und Silber zurückbleiben. Das abgeflossene Bleioxyd (*Bleiglätte*) wird durch Schmelzen mit Kohle wieder reducirt (das *Glättefrischen*).

*Eigenschaften.* Blaugrau, stark glänzend, sehr weich, abfärbend; läfst sich in dünne Blätter auswalzen, aber nicht zu sehr feinem Draht ausziehen; spec. Gew. 11,4. Schmilzt bei 322°; kocht in der Weifsglühhitze.

*Oxyde.* Das Blei hat vier Oxyde, ein Suboxyd, ein basisches Oxyd, ein Sesquioxyd und ein Superoxyd. — In der Luft läuft blankes Blei bald an. Beim Schmelzen bedeckt es sich mit einer grauen Haut und verwandelt sich allmählig in ein gelblichgraues Pulver, *Bleiasche*, ein Gemenge von Suboxyd und Oxyd, welches beim längeren Erhitzen vollständig zu gelbem Oxyd wird. Das Blei zersetzt nicht das Wasser, oxydirt sich aber darin bei gleichzeitiger Einwirkung der Luft, und löst sich selbst in geringer Menge in reinem Wasser auf. In Salpetersäure ist es leicht löslich, in Schwefelsäure unauflöslich. Die Bleioxyde sind durch Kohle und Wasserstoffgas sehr leicht reducirbar.

*a*) ***Bleisuboxyd***, $Pb^2O$, sammtschwarzes Pulver, leicht verbrennlich, entsteht durch Erhitzen von oxalsaurem Bleioxyd ohne Luftzutritt.

*b) Bleioxyd*, $\dot{\text{Pb}}$. Gelbes schweres Pulver; in Rothglühhitze schmelzbar und zu einer gelben oder röthlichen, blättrigen, schweren Masse erstarrend. Wird in diesem Zustand, aber mit Kieselerde, Kupferoxyd etc. verunreinigt, im Grofsen als *Bleiglätte* erhalten; im pulverförmigen Zustand als *Massicot*, durch gelindes Schmelzen von Blei an der Luft; ferner durch Auflösen von Blei in Salpetersäure und gelindes Glühen des krystallisirten Salzes.

Das Bleioxyd schmilzt mit Kieselsäure zu einem durchsichtigen, gelben Glase von 8 spec. Gewicht zusammen (*Bleiglas*). Es wird in grofser Menge vom Glase aufgelöst. Das farblose, bleihaltige Glas (*Flintglas*) ist schwerer, klarer und leichter schmelzbar, als gewöhnliches Glas. Kieselsaures Bleioxyd-Alkali macht aufserdem einen Hauptbestandtheil der Glasur für Töpferwaaren und Fayence aus.

Das Beioxyd wird von den Lösungen der kaustischen Alkalien aufgelöst; aus der heifs bereiteten Auflösung scheidet es sich in Krystallen ab.

*b) Sesquioxyd*, $\dddot{\text{Pb}}$. Röthlichgelbes Pulver. Verbindet sich nicht mit Säuren, sondern zerfällt, in Berührung damit, in sich auflösendes Oxyd und in zurückbleibendes Superoxyd. Bildet sich beim Vermischen einer kalten Auflösung von Bleioxyd in Kali mit unterchlorigsaurem Natron.

*Mennige*, $\dot{\text{Pb}}+\dddot{\text{Pb}}$, eine Verbindung der beiden vorhergehenden Oxydationsstufen. Lebhaft rothes, schweres Pulver. Wird im Grofsen erhalten durch längeres gelindes Glühen von geschlämmtem Bleioxyd an der Luft. — Zersetzt sich in starker Glühhitze, wie das Sesquioxyd, in Oxyd und Sauerstoffgas; durch Salpetersäure in salpetersaures Oxyd und braunes Superoxyd. Wird als Farbe gebraucht.

*c) Superoxyd*, $\ddot{\text{Pb}}$. Dunkelbraunes Pulver. Wird durch Einwirkung von Salpetersäure auf Mennige erhalten. Zersetzt sich im Glühen wie die Mennige; entzündet beim Zusammenreiben Schwefel; wird in schwefligsaurem Gas glühend, und verwandelt sich in weifses, schwefelsaures Oxyd; gibt mit Salzsäure Chlorblei, Wasser und Chlorgas.

*Schwefelblei*, PbS. Als Mineral bildet es den *Bleiglanz*; dunkel bleigrau, stark glänzend; krystallisirt in Würfeln,

nach den Würfelflächen spaltbar; von 7,585 spec. Gewicht. Viel schwerflüssiger als Blei. Leicht künstlich zu bilden; aus Auflösungen durch Schwefelwasserstoff als schwarzer Niederschlag. Verwandelt sich mit concentrirter Salpetersäure in schwefelsaures Bleioxyd.

*Selenblei*, $PbSe$. höchst ähnlich dem Schwefelblei. Bildet die am häufigsten vorkommende Selen-Verbindung.

*Antimonblei*. Gleiche Gewichtstheile Blei und Antimon schmelzen zu einer spröden, blättrigen Masse zusammen. Aus 1 Theil Antimon und 8 bis 16 Theilen Blei bestehen die Buchdruckerlettern.

## Salze.

Farblos; die auflöslichen schmecken süfs zusammenziehend; werden gefällt: durch Schwefelsäure und schwefelsaure Salze weifs, durch kaustische, kohlensaure, oxalsaure und phosphorsaure Alkalien weifs, durch Jodkalium gelb, durch Chlornatrium weifs, durch Schwefelwasserstoff schwarz oder braunschwarz, durch Zink metallisch in glänzenden Blättern (Bleibaum).

***Chlorblei***, $Pb\mathrm{Cl}$. Krystallisirt in weifsen, glänzenden Nadeln, schmilzt leicht zu einer weifsen, durchscheinenden Masse. In Wasser sehr schwerlöslich. Bildet sich als dicker, krystallinischer Niederschlag bei Vermischung eines aufgelösten Bleisalzes mit Salzsäure oder Kochsalzlösung.

***Bleioxyd-Chlorblei*** bildet eine geschmolzene, schwere, krystallinische Masse von gelber Farbe; als Farbe bekannt unter dem Namen ***Cafsler*** oder ***Mineral-Gelb***. Wird erhalten durch Glühen von 1 Salmiak mit 4 Mennige.

***Bromblei***, $Pb\mathrm{Br}$; — wie Chlorblei.

***Jodblei***, $PbI$. Schön gelbes, in kaltem Wasser schwerlösliches Pulver. Krystallisirt aus der kochendheifs gemachten Lösung in goldgelben, glänzenden Schuppen.

***Fluorblei***, $PbF$. Weifses, leicht schmelzbares Pulver.

***Cyanblei***, $Pb\mathrm{Cy}$, und ***Bleieisencyanür***, $2Pb\mathrm{Cy}+Fe\mathrm{Cy}$; weifses Pulver.

***Schwefelsaures Bleioxyd***, $\dot{Pb}\dddot{S}$. Als Mineral in farblosen Krystallen (Bleivitriol); das künstlich dargestellte ein

weifses, unlösliches Pulver. Wird in grofser Menge als Nebenproduct bei Bereitung der essigsauren Thonerde erhalten. Als Malerfarbe untauglich.

*Dithionsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\ddot{\dot{S}} + 4\dot{H}$. Leicht löslich und krystallisirbar.

*Selensaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\dddot{Se}$, höchst ähnlich dem schwefelsauren.

*Salpetersaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\ddot{\ddot{N}}$. Farblose, octaëdrische Krystalle, ohne Wasser; in Wasser löslich, in Salpetersäure unlöslich. Die Säure bildet aufserdem mit Bleioxyd mehrere basische Salze.

*Salpetrigsaures Bleioxyd*, basisches, $\dot{Pb}^2\dddot{N} + 2\dot{H}$, wird in gelben, glänzenden Krystallblättern erhalten, wenn metallisches Blei im Sieden in einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd in Wasser aufgelöst wird.

*Phosphorsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}^2\ddot{\ddot{P}}$. Weifs, unlöslich, schmelzbar. *Grün-* und *Braun-Bleierz* sind krystallisirte Verbindungen von basischem phosphorsauren (oder arseniksaurem) Bleioxyd mit Chlorblei, $= Pb\,Cl + 3\dot{Pb}^3\ddot{\ddot{P}}$.

*Arseniksaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}^2\ddot{\ddot{As}}$, ganz ähnlich dem phosphorsauren.

*Kieselsaures* und *borsaures Bleioxyd*, — im geschmolzenen Zustande schwere, gelbe, durchsichtige Gläser.

*Kohlensaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\ddot{C}$. Kommt natürlich und krystallisirt vor als *Weifsbleierz*. Das durch Fällung dargestellte ist ein schweres, weifses, in Wasser unlösliches Pulver. Das *Bleiweifs*, diese allgemein angewandte weifse Farbe, ist $\dot{Pb}\dot{H} + 2$ oder $3\dot{Pb}\ddot{C}$. Wird im Grofsen gewonnen: *a*) indem man aufgerollte Bleiplatten in bedeckten Töpfen der Einwirkung von Essigdämpfen aussetzt; *b*) indem man durch eine Auflösung von basischem essigsauren Bleioxyd Kohlensäuregas leitet. — Das gewöhnliche käufliche Bleiweifs ist meist mit Schwerspath oder Kreide versetzt.

*Oxalsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\dddot{C}$; unauflösliches weifses Pulver.

*Blei-Sulfantimonit*, $\overset{,}{Pb}\overset{,,,}{Sb}$, bildet ein in bleigrauen, glänzenden Krystallen vorkommendes Mineral, den *Zinkenit*.

Das

Das Blei bildet mit mehreren Metallen Legirungen. Mit Zinn z. B. schmilzt es nach allen Verhältnissen zusammen. Gleiche Theile Blei und Zinn bilden das Schnellloth zum Löthen.

Die Blei-Verbindungen, besonders die auflöslichen, sind giftig und verursachen eine eigene Krankheit, die Bleikolik, der besonders Farbenreiber und Arbeiter auf den Bleihütten und in den Bleiweifs- und Bleizucker-Fabriken unterworfen sind.

### 2. Wismuth.

*Vorkommen.* Nicht häufig; meist gediegen; aufserdem als Schwefelwismuth.

*Darstellung im Grofsen.* Durch Ausschmelzen (Aussaigern) des gediegenen Wismuths bei gelinder Hitze aus der Gangart.

*Eigenschaften.* Weifs, in's Röthliche; von blättrig-krystallinischem Gefüge; leicht in Würfeln krystallisirend, wenig hart; spröde; 9,799 spec. Gewicht; sehr leicht schmelzbar schon bei 246°; in Weifsglühhitze flüchtig.

*a) Wismuthoxyd*, $\overset{\cdots}{\bar{\mathrm{B}}\mathrm{i}}$. Entsteht durch Schmelzen des Metalls an der Luft. Am besten erhält man es durch Erhitzen des basischen salpetersauren Salzes. Gelbes Pulver, zu einer gelben, schweren Masse schmelzbar. Durch Kohle leicht reducirbar. Schwache Salzbasis; bildet sich bei Auflösung des Metalles in Salpetersäure.

Die Wismuthsalze sind farblos, und die meisten werden durch Wasser in pulverförmig niederfallendes, unlösliches basisches Salz und aufgelöst bleibendes saures zersetzt; so das krystallisirte salpetersaure, dessen Auflösung beim Eingiefsen in Wasser ein blendend weifses, krystallinisches Pulver fallen läfst, $\overset{\cdots}{\bar{\mathrm{B}}\mathrm{i}}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{\mathrm{N}}}{}^{3} + 3\overset{\cdots}{\bar{\mathrm{B}}\mathrm{i}}$. Durch Zink wird das Wismuth metallisch niedergeschlagen; durch Schwefelwasserstoff als schwarzbraunes Schwefelwismuth; durch kaustische Alkalien als weifses Hydrat.

*b) Wismuthsäure*, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{\mathrm{B}}\mathrm{i}}$, entsteht, wenn man in ein Gemenge von sehr concentrirter Kalilauge und Wismuthoxydhydrat (erhalten durch Fällung von salpetersaurem Salz mit

überschüssiger Kalilauge) Chlorgas leitet. Die entstandene dunkelrothe Wismuthsäure wird durch Behandlung mit Salpetersäure von Kali, chloriger Säure und Wismuthoxyd befreit. In Wasser unlösliches, rothes Pulver, im Glühen zersetzbar, entwickelt mit Salzsäure Chlor. Die Lösung des wismuthsauren Kali's ist roth. Die Wismuthsäure verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Wismuthoxyd zu braunen und rothen Verbindungen.

Das Wismuth wird zum Löthen und zur Darstellung leichtflüssiger Metallgemische gebraucht. 3 Theile Wismuth, 2 Blei und 1 Zinn bilden eine so leichtflüssige Legirung, daſs sie schon in siedendem Wasser schmilzt.

### 3. Kupfer.

*Vorkommen.* Ziemlich häufig; gediegen, oxydirt, in Verbindung mit Säuren; am häufigsten als Schwefelkupfer, theils für sich, theils in Verbindung mit anderen Schwefelmetallen; eines der häufigsten Kupfererze ist der Kupferkies (Schwefelkupfer mit Schwefeleisen).

*Gewinnung aus schwefelkupferhaltigen Erzen.* Zuerst werden die Erze geröstet, dann mit quarzhaltigen Zuschlägen geschmolzen, wodurch sich das oxydirte Eisen mit der Kieselsäure verschlackt, und ein kupferreicheres Schwefelkupfer, der *Kupferstein*, erhalten wird. Der Kupferstein wird wieder geröstet und die oxydirte Masse mit Kohle und kieselhaltigen Zuschlägen geschmolzen, wodurch das *Schwarzkupfer*, ein mit wenig Schwefel, Eisen und anderen Metallen verunreinigtes Kupfer, erhalten wird. Dieses wird zuletzt einer Reinigung *(Gaarmachen)* durch längeres Schmelzen vor einem Gebläse unterworfen. Das erstarrende Kupfer wird in Scheiben abgehoben (*Rosette-Kupfer*).

*Eigenschaften.* Hell röthlichbraun, stark glänzend; krystallisirt in Würfeln; sehr geschmeidig; läſst sich zu sehr feinem Draht ausziehen und zu sehr dünnen Blättchen strecken. Spec. Gewicht des geschmolzenen 8,788, des geschmiedeten 8,878. Schmilzt bei anfangender Weiſsglühhitze. Bedeckt sich beim Glühen in der Luft mit einer braunen oder schwarzen, in Schuppen abspringenden Rinde von Oxyd (*Kupfer-*

*hammerschlag*). Bedeckt sich in feuchter Luft mit grünem kohlensauren Oxyd (*Grünspahn*). — Zersetzt nicht das Wasser, löst sich daher nicht in verdünnter Schwefelsäure auf; zersetzt aber, in Berührung mit Platin, die Salzsäure, unter Entwickelung von Wasserstoffgas und Bildung von Chlorür. Leicht auflöslich in Salpetersäure.

### Verbindungen des Kupfers.

*Oxyde.* Das Kupfer hat drei Oxyde, ein Oxydul, ein Oxyd und eine Säure; für sich bei keiner Temperatur reducirbar, aber sehr leicht durch Kohle und Wasserstoffgas.

*a*) ***Kupferoxydul***, $\dot{\mathrm{€u}}$, kommt in rothen, durchscheinenden Octaëdern als ***Rothkupfererz*** natürlich vor. Wird erhalten durch Schmelzen von Kupferchlorür mit kohlensaurem Natron; beim Auflösen des gebildeten Kochsalzes in Wasser bleibt das Oxydul als ein schön braunrothes Pulver zurück. Von noch schönerer Farbe wird es erhalten, wenn man Zucker in gelöstem schwefelsauren Kupferoxyd auflöst, kaustisches Kali zumischt und die blaue Lösung rasch zum Sieden erhitzt. Wird durch verdünnte Säuren in metallisches Kupfer und sich auflösendes Oxyd zersetzt. Sein Hydrat, erhalten durch Zersetzung des weifsen wasserhaltigen Chlorürs mit Kali, ist citrongelb, wird aber an der Luft rasch blau. Färbt die Glasflüsse blutroth. Besteht aus 2 Atomen Kupfer und 1 Atom Sauerstoff.

*b*) ***Kupferoxyd***, $\dot{\mathrm{Cu}}$. Schwarzes Pulver. Wird erhalten durch Glühen von Kupferdrehspähnen an der Luft, oder durch Auflösen von Kupfer in Salpetersäure und Glühen des Salzes, oder durch Glühen von kohlensaurem Kupferoxyd. — Bildet mit den Säuren die Kupferoxydsalze. Aus seinen Auflösungen wird es durch kaustisches Kali als schön blaues Hydrat gefällt, welches aber schon in kochendem Wasser $\frac{3}{4}$ seines Wassergehalts verliert und schwarzbraun wird. Dieses Hydrat wird als blaue Farbe gebraucht. — Das Kupferoxyd färbt die Glasflüsse grün.

*c*) ***Kupfersäure***, $\dddot{\mathrm{€u}}$, für sich nicht darstellbar, sondern nur an Basen gebunden zu erhalten, womit sie tief rothe,

$+\dot{H}$, bildet tief blaue Krystalle. Entsteht durch Auflösen des vorigen in Ammoniak und Zumischung von Weingeist.

*Schwefligsaures Kupferoxydul*, $\dot{\bar{Cu}}\ddot{S}+\dot{H}$, schlägt sich als ein rothes krystallinisches Pulver nieder, beim Vermischen der heifsen Auflösungen von Kupfervitriol und schwefligsaurem Kali.

*Salpetersaures Kupferoxyd*, $\dot{Cu}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}+5\dot{H}$. Blaue, zerfliefsliche Krystalle.

*Phosphorsaures Kupferoxyd*, $\dot{Cu}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$, durch Fällung erhalten, ein grünes Pulver. Phosphorsaures Kupferoxyd bildet in verschiedenen Sättigungsgraden mehrere grüne krystallisirte Mineralien.

*Arseniksaures Kupferoxyd*, $\dot{Cu}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}$, ganz ähnlich dem phosphorsauren. Bildet ebenfalls in verschiedenen Sättigungsgraden mehrere krystallisirte Mineralien.

*Arsenigsaures Kupferoxyd*, lebhaft gelbgrünes Pulver; als Farbe Scheele's Grün genannt. Wird erhalten durch Fällung einer Kupfervitriollösung mit arsenigsaurem Kali. (Das *Schweinfurter Grün*, die schönste grüne Farbe, besteht aus arsenigsaurem und essigsaurem Kupferoxyd; wird erhalten durch Vermischen der kochendheifsen Lösungen von arseniger Säure und essigsaurem Kupferoxyd, und längeres Kochen des Niederschlags mit der Flüssigkeit.)

*Kieselsaures Kupferoxyd* bildet, in durchsichtigen grünen Krystallen, ein seltenes Mineral, den *Dioptas*, $=\dot{Cu}^3\dddot{Si}^2+3\dot{H}$.

*Kohlensaures Kupferoxyd*. Bei Fällung einer heifsen Kupferoxydlösung mit kohlensaurem Kali entsteht ein grüner Niederschlag: basisches kohlensaures Kupferoxyd, $\dot{Cu}^2\ddot{C}+\dot{H}$, als Malerfarbe bekannt unter dem Namen *Mineralgrün*. Findet sich häufig als krystallinisches Mineral (*Malachit*). Wird durch Kochen mit Wasser, unter Verlust seines Wassergehalts, schwarzbraun. — Die *Kupferlasur*, ein in tief blauen Krystallen vorkommendes Mineral, ist eine Verbindung von neutralem kohlensauren Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat, $\dot{Cu}\dot{H}+2\dot{Cu}\ddot{C}$. Eine ähnliche, aber nicht dieselbe Zusammensetzung hat das als Farbe angewandte *Mineralblau*.

*Oxalsaures Kupferoxyd*, $\dot{\mathrm{Cu}}\,\ddot{\mathrm{C}}$, wird durch Oxalsäure aus anderen Kupfersalzen als hellblaues, unlösliches Pulver gefällt.

*Kupfer-Sulfantimonit.* Die Doppelverbindung $\mathrm{Cu}^3\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Sb}} + 2\overset{\prime}{\mathrm{Pb}}{}^3\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Sb}}$, bildet ein bleigraues, schön krystallisirtes Mineral, den *Bournonit*.

Die Kupfersalze sind giftig, daher die Schädlichkeit aller in unverzinnten kupfernen Gefäfsen zubereiteten, besonders sauren und fetten Speisen. Das beste Gegenmittel bei solchen Vergiftungen ist der Zucker.

Das Kupfer bildet mit mehreren anderen Metallen durch ihre Anwendung sehr wichtige Legirungen, namentlich mit Gold, Silber, Zinn und Zink.

Das *Messing* und ähnliche gelbe Compositionen bestehen aus Zink und Kupfer. Das gewöhnliche Messing, welches theils durch unmittelbare Zusammenschmelzung, theils durch Schmelzen von Kupfer mit Galmei und Kohle erhalten wird, enthält ungefähr 33 Proc. Zink.

Das *Argentan* (Neusilber, Packfong) besteht aus ungefähr 1 Th. Nickel, 1 Zink und 3 Kupfer.

Das *Kanonenmetall* (Stückgut) enthält auf 10 Th. Kupfer 1 Th. Zinn, das *Glockenmetall* auf 5 Th. Kupfer 1 Th. Zinn, das stahlgraue, sehr harte *Spiegelmetall* auf 2 Th. Kupfer 1 Th. Zinn.

### 4. Quecksilber.

*Vorkommen.* Gediegen und vorzüglich als Schwefelquecksilber; sehr selten als Selenquecksilber und als Chlorür.

*Gewinnung im Grofsen.* Durch Destillation der Quecksilbererze mit Kalk oder Hammerschlag in eisernen Retorten; oder durch Röstung der Erze in eigenen Oefen in unmittelbarer Berührung mit dem Flammenfeuer und Condensation der Dämpfe. — Vollkommen rein erhält man es durch Destillation von Zinnober mit $\frac{1}{2}$ Eisenfeilspähnen.

*Eigenschaften.* Silberweifs, flüssig; erstarrt erst bei $-39°$ zu einer geschmeidigen, zinnweifsen Masse. Spec. Gewicht 13,596. Verdunstet schon bei gewöhnlicher Temperatur und mit Wasserdämpfen, siedet bei $360°$; sein Gas ist farblos. Wird durch starkes Schütteln mit Wasser oder Reiben mit Fett in ein graues Pulver verwandelt (höchst

fein vertheiltes metallisches Quecksilber). Durch Blei, Zinn oder Wismuth verunreinigtes Quecksilber bildet beim Schütteln mit Luft auf seiner Oberfläche eine graue Haut.

Die Verbindungen des Quecksilbers werden in der Hitze alle entweder zersetzt oder verflüchtigt, und geben alle beim Destilliren mit kohlensaurem Natron metallisches Quecksilber.

*Oxyde.* Das Quecksilber hat ein Oxydul und ein Oxyd, beide durch bloſses Erhitzen in Metall und Sauerstoffgas zerlegbar. Lange Zeit bis nahe zum Sieden an der Luft erhitzt, bedeckt sich das Quecksilber mit rothen Krystallschuppen von Oxyd. Das Quecksilber ist auflöslich in Salpetersäure und heiſser Schwefelsäure.

*a*) ***Oxydul***, $\dot{\bar{\text{H}}}\text{g}$. Schwarzes Pulver. Bildet sich bei Auflösung des Metalles in kalter, verdünnter Salpetersäure.

*b*) ***Oxyd***, $\dot{\text{H}}\text{g}$. Rothes, krystallinisches Pulver, von 11 spec. Gewicht. Wird beim Erhitzen vorübergehend schwarz. In Wasser etwas löslich. Sehr giftig. Bildet sich beim Auflösen des Metalles in heiſser concentrirter Schwefelsäure oder Salpetersäure, und wird im Groſsen bereitet durch vorsichtiges Erhitzen des salpetersauren Salzes.

*Schwefelquecksilber*, *a*) das *Subsulfuret*, $\acute{\bar{\text{H}}}\text{g}$, ist ein schwarzes Pulver, beim Erhitzen sich in Sulfuret und Quecksilber zerlegend. Entsteht durch Uebergieſsen von frisch gefälltem Chlorür mit Kalium-Sulfhydrat. *b*) Das *Sulfuret*, $\acute{\text{H}}\text{g}$, hat einen schwarzen und einen rothen Zustand. Im schwarzen erhält man es durch Zusammenreiben oder Zusammenerhitzen von Schwefel mit 6 Th. Quecksilber (Aethiops mineralis), oder durch Fällung eines Quecksilberoxydsalzes mit Schwefelwasserstoff. In den rothen Zustand (in *Zinnober*) geht es über durch Sublimation der schwarzen Art, oder durch Zusammenreiben von 300 Quecksilber mit 114 Schwefel, und zehnstündiges Erhitzen des innigen Gemenges mit 500 kaustischer Kalilauge (worin 75 festes Kalihydrat) bei nie mehr als + 50°. Der Zinnober bildet das gewöhnlichste Quecksilbererz, findet sich auch in durchsichtigen, rothen Krystallen. Der durch Sublima-

tion dargestellte bildet faserig-krystallinische, dunkelrothe Massen von 8 spec. Gewicht und scharlachrothem Pulver. Verbrennt, an der Luft erhitzt, mit Schwefelflamme. Selbst in Salpetersäure unlöslich.

*Stickstoffquecksilber*, $Hg^3 N$, schwarzbraunes Pulver, explodirt beim Erhitzen mit grofser Gewalt und Feuererscheinung. Entsteht durch sehr langsames Erwärmen von gefälltem Quecksilberoxyd in Ammoniakgas, zuletzt bis 130°.

## Salze.

Die *Oxydulsalze* sind farblos. Schweflige und phosphorige Säure, Zinnchlorür und Kupfer, fällen aus den auflöslichen metallisches Quecksilber; kaustisches Kali schwarzes Oxydul; Schwefelwasserstoff schwarzes Schwefelmetall; Chlorwasserstoffsäure weifses Chlorür. Die neutralen *Oxydsalze* sind farblos, die basischen gelb; sie schmecken unangenehm metallisch und sind scharfe Gifte. Kupfer fällt daraus metallisches Quecksilber; kaustisches Kali rothgelbes Oxydhydrat; schwefelsaure Salze gelbes basisches Salz; Jodkalium scharlachrothes Jodid; Schwefelwasserstoff, in unzureichender Menge zugesetzt, weifses schwefelbasisches Salz, im Ueberschufs zugesetzt, schwarzbraunes Schwefelmetall. — Ammoniak schlägt aus den Quecksilbersalzen meist basische Ammoniak-Verbindungen nieder; die von den Oxydulsalzen sind schwarz, die von den Oxydsalzen weifs.

*Chlorquecksilber. a) Chlorür* (Calomel, Mercurius dulcis), Hg Cl. Quecksilber absorbirt das Chlorgas; bis zum Sieden erhitzt, entzündet es sich darin. Das sublimirte Chlorür ist eine weifse, sehr krystallinische, durchscheinende, schwere Masse; geschmacklos, in Wasser unlöslich; in der Hitze, ohne zu schmelzen, flüchtig. Gibt beim Zerreiben ein blafsgelbes Pulver. Zerfällt beim Kochen mit Salzsäure in Chlorid und Metall. Wird bereitet durch Sublimation eines innigen Gemenges von Chlorid und Quecksilber. Durch Fällung von salpetersaurem Oxydul mit Kochsalzlösung dargestellt, ist es ein weifses, schweres Pulver. — *b) Chlorid* (Aetz- oder Quecksilber-Sublimat), Hg Cl. Wird erhalten durch Auflösen des Oxyds in Salzsäure; im

Gefäsen durch Sublimation von schwefelsaurem Quecksilberoxyd mit Kochsalz. Krystallisirt aus seiner wäſsrigen Lösung in langen, weiſsen Prismen; das sublimirte bildet weiſse, durchscheinende, schwere Massen. Schmilzt beim Erhitzen, kocht und sublimirt sich. In 18 Th. kalten und 12 Th. kochenden Wassers löslich. Aus der Auflösung schlägt kaustisches Kali gelbrothes Oxydhydrat nieder; kohlensaures Kali fällt daraus einen braunen Körper $= Hg\,Cl + 3Hg$. Schwefelwasserstoffgas in unzureichender Menge in die Chloridlösung geleitet, bildet darin einen weiſsen Niederschlag $= Hg\,Cl + 2Hg\,S$.

Ammoniak fällt aus der Quecksilberchloridlösung eine weiſse, unlösliche Verbindung von Chlorid mit Quecksilber-Amid $= Hg\,Cl + Hg\,NH^2$. Zersetzt sich beim Erhitzen ohne zu schmelzen. Aus einer mit Salmiak vermischten Quecksilberchloridlösung wird durch kohlensaures Alkali ein ähnlicher weiſser Körper, der *weiſse Praecipitat*, gefällt $= (Hg\,Cl + NH^3) + (Hg\,Cl + Hg\,NH^2)$? der beim Erhitzen schmilzt und sich unter Kochen zersetzt.

Das Quecksilberchlorid bildet mit vielen anderen Chlormetallen Doppelchlorüre. — Höchst giftig; Eiweiſs das beste Gegenmittel.

*Quecksilber-Bromür* und *-Bromid*, höchst ähnlich den beiden Chlorverbindungen.

*Jodquecksilber*. Die Vereinigung geht durch bloſses Zusammenreiben vor sich. Bei 25 Metall und 16 Jod entsteht das dunkelgelbgrüne *Jodür*, $Hg\,I$. Das *Jodid*, $Hg\,I$, ist schön scharlachroth, sublimirbar. Es krystallisirt in zweierlei Formen, in der einen ist es schön roth, in der anderen hellgelb. Auch im geschmolzenen Zustand ist es gelb. Am sichersten zu erhalten durch Fällung der Chloridlösung mit Jodkalium. In den Lösungen beider Salze ist es ohne Farbe löslich.

*Cyanquecksilber*, $Hg\,Cy$. Durch Auflösen von Quecksilberoxyd in verdünnter Cyanwasserstoffsäure. Farblose, 4seitige Prismen, in Wasser löslich. Höchst giftig. In der Hitze in Metall und Cyangas zerfallend, dient daher zur Darstellung des letzteren (s. Cyan). Wird weder von Al-

kalien noch Sauerstoffsäuren zersetzt. Das *Cyanür* nicht darstellbar.

*Schwefelsaures Quecksilberoxyd*, $\dot{Hg}\dddot{S}$. Durch Kochen von Quecksilber mit Schwefelsäure entsteht das neutrale Salz als eine weifse Salzmasse. Durch heifses Wasser zerfällt es in sich auflösendes saures, und ungelöst bleibendes basisches Salz $= \dot{Hg}^3\dddot{S}$, ein schön gelbes Pulver.

*Salpetersaures Quecksilberoxydul*, $\dot{\bar{Hg}}\overset{.....}{\bar{N}}$. Das neutrale bildet farblose Krystalle und entsteht durch Auflösen des Metalles in kalter überschüssiger Säure. Zerfällt mit viel Wasser in ein auflösliches saures, und ein unlösliches basisches Salz. Ammoniak fällt aus der Auflösung eine schwarze Ammoniak-Verbindung, den sogenannten *Mercurius solubilis Hahnemanni*, $\dot{\bar{Hg}}\overset{.....}{\bar{N}} + \dot{\bar{Hg}}\bar{N}H^3$.

*Salpetersaures Quecksilberoxyd*, $\dot{Hg}\overset{.....}{\bar{N}}$, entsteht durch Auflösen des Metalles in kochender Salpetersäure. Das neutrale Salz krystallisirt nicht; die anschiefsenden Krystalle sind ein basisches Salz. Wasser schlägt aus der Auflösung noch ein anderes basisches Salz nieder.

*Oxalsaures Quecksilberoxydul*, $\dot{\bar{Hg}}^2\dddot{\bar{C}}$, durch Fällung des salpetersauren Salzes mit Oxalsäure. Weifser Niederschlag. Detonirt heftig beim Erhitzen.

*Knallsaures Quecksilberoxydul* (Knallquecksilber), $\dot{\bar{Hg}}C^4\bar{N}O^3 + \bar{Hg}\bar{N}$? Weifse, seidenglänzende Nadeln. Explodirt durch Reiben, Schlagen oder Erhitzen mit betäubendem Knall und aufserordentlicher Gewalt. Kali scheidet daraus nur die Hälfte des Quecksilbers als Oxydul aus und bildet explodirendes $\dot{K}C^4\bar{N}O^3 + \bar{Hg}\bar{N}$? Wird zur Verfertigung der Zündhütchen für die Percussionsgewehre gebraucht. Seine Darstellung erfordert wegen der Gefahr, die damit verbunden ist, die gröfste Vorsicht.

*Amalgame.* Das Quecksilber vereinigt sich mit vielen anderen Metallen in bestimmten Proportionen zu krystallisirbaren Verbindungen, die aber stets in überschüssigem Quecksilber auflöslich sind. 1 Kalium bildet mit 90 Quecksilber, unter Wärmeentwickelung, ein festes, zinnweifses

Gemische. *Natrium* vereinigt sich mit Quecksilber bei gewöhnlicher Temperatur unter starker Feuererscheinung. *Eisen* amalgamirt sich nicht unter gewöhnlichen Umständen; *Kupfer* ebenfalls nur schwierig. *Wismuth*, *Blei*, *Zinn*, *Zink* und *Kadmium* werden leicht vom Quecksilber aufgelöst, und bilden, je nach der vorherrschenden Menge des einen oder des anderen Metalles, halbflüssige, weiche oder feste Amalgame.

Die meisten Quecksilber-Verbindungen sind starke Gifte; am gefährlichsten sind das Oxyd, die Oxydsalze, das Chlorid und das Cyanid. Nicht minder schädlich und gefährlich wirkt der Dampf des metallischen Quecksilbers, dem besonders die Spiegelbeleger, Vergolder und Barometermacher ausgesetzt sind.

Das Quecksilber dient zum Spiegelbeleg, zur Silbergewinnung (Amalgamationsprocefs), zum Füllen der Barometer und Thermometer, zum Vergolden und zur Darstellung des Knallquecksilbers, des Zinnobers und mehrerer sehr wichtigen Arzneimittel.

## 5. Silber.

*Vorkommen.* Gediegen; in Verbindung besonders mit Schwefel, seltener mit Selen, Tellur, Arsenik, Antimon, Chlor, Brom und Jod, niemals als Oxyd.

*Gewinnung.* Sie ist nach der Beschaffenheit der Erze sehr verschieden. Gediegenes Silber wird aus sehr reichen Erzen mechanisch ausgeschieden. Gewöhnlich aber ist man genöthigt, das in ärmeren Erzen zerstreute Silber in Blei anzusammeln, *a*) indem man die Silbererze mit gerösteten Bleierzen (Bleiglanz) zusammenschmilzt, *Bleiarbeit; b*) indem man sehr arme Silbererze mit Schwefelkies schmilzt, und das dadurch entstandene silberhaltige Schwefeleisen, *Rohstein*, nach dem Rösten mit Bleierzen zusammenschmilzt, *Roharbeit; c*) indem man das aus silberhaltigen Kupfererzen erhaltene Schwarzkupfer mit Blei zusammenschmilzt, und aus dem erstarrten Gemische nachher durch vorsichtig geleitetes Erhitzen silberhaltiges Blei ausschmilzt, *Saigerung*. — Das auf die eine oder andere Weise erhaltene

silberhaltige Werkblei wird auf den *Treibheerden abgetrieben*, wobei sich das Blei, nebst anderen beigemischten Metallen, oxydirt und als *Glätte* theils abfliefst, theils in den Heerd dringt, und das Silber zurückbleibt, welches zur letzten Reinigung noch einmal an der Luft geschmolzen wird, *Feinbrennen*. — Aus bleifreien Erzen wird an einigen Orten das Silber durch Quecksilber ausgezogen, und dieses nachher davon abdestillirt, *Amalgamation*. Die schwefelsilberhaltigen Erze werden in dieser Absicht mit Kochsalz gemengt und geröstet, wodurch Chlorsilber entsteht, und darauf die Masse mit Wasser, Eisen und Quecksilber bewegt, wobei das Silber reducirt und vom Quecksilber aus der Masse ausgezogen wird. Das vom überschüssigen Quecksilber durch Auspressen befreite Amalgam wird destillirt. Auch kann das Chlorsilber aus jener Masse mit Kochsalzlösung ausgezogen werden.

*Eigenschaften*. Das weifseste Metall, stark glänzend; in Octaëdern krystallisirend; weicher als Kupfer, härter als Gold, hell klingend; sehr streck- und dehnbar: 1 Gran gibt einen 400 Fufs langen Draht. Spec. Gew. 10,474; schmilzt leichter als Kupfer; absorbirt beim Schmelzen Sauerstoffgas, welches beim Erstarren wieder entweicht, daher das *Spratzen des Silbers*.

*Oxyde*. Das Silber oxydirt sich weder in feuchter Luft, noch beim Glühen oder Schmelzen an der Luft oder in Sauerstoffgas, und seine Oxyde sind durch Erhitzen für sich leicht zersetzbar. Es ist in Salpetersäure und heifser Schwefelsäure auflöslich, wodurch sich Oxyd bildet. Es hat aufserdem ein schwarzes Oxydul, $\dot{A}g$, und ein Superoxyd.

Das *Silberoxyd*, $\dot{A}g$, ist ein braunes, schweres Pulver; wird erhalten durch Fällung des salpetersauren Salzes mit kaustischem Kali. Schwarz und krystallinisch erhält man es durch Kochen von frisch gefälltem Chlorsilber mit concentrirter Kalilauge.

Das Silberoxyd verwandelt sich in Berührung mit Ammoniak in einen schwarzen, pulverigen Körper, der durch Reiben, Stofs, zuweilen schon durch die leiseste Berührung, selbst unter einer Flüssigkeit, mit der furchtbarsten

Gewalt explodirt. Dieses Knallsilber ist oder enthält wahrscheinlich Stickstoffsilber.

*Schwefelsilber*, AgS. Es bildet ein krystallisirtes Mineral, den *Silberglanz*: es entsteht sehr leicht durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit Silber. Dunkel bleigrau, geschmeidig, von 7,0 spec. Gewicht. Das Anlaufen des Silbers in der Luft beruht auf der oberflächlichen Bildung von Schwefelsilber.

## Salze.

Farblos, metallisch schmeckend, giftig. Zink, Kupfer, Quecksilber und mehrere andere Metalle, so wie schwefelsaures Eisenoxydul, schlagen aus den aufgelösten metallisches Silber nieder; Schwefelwasserstoffgas schwarzbraunes Schwefelsilber; Salzsäure und lösliche Chlormetalle weifses, käsiges Chlorsilber, am Lichte sich schwärzend. Ammoniak, in sehr kleiner Menge zugesetzt, fällt Silberoxyd, löslich in dem geringsten Ueberschufs von Ammoniak; in sauren Auflösungen entsteht kein Niederschlag.

*Chlorsilber*, Ag€l. Kommt als Mineral krystallisirt vor. Entsteht durch unmittelbare Einwirkung von Chlor auf Silber; wird am leichtesten erhalten durch Fällung eines aufgelösten Silbersalzes mit Salzsäure. Weifser, wie geronnener Niederschlag; nach dem Trocknen weifses, unlösliches Pulver, am Lichte schnell violett und schwarz werdend. Schmilzt leicht zu einer gelben, durchsichtigen Flüssigkeit, erstarrt beim Erkalten zu einer grauen, durchscheinenden, krystallinischen, etwas zähen Masse, von 5,5 spec. Gewicht. In Ammoniak auflöslich, daraus in Octaëdern krystallisirend. Wird in Berührung mit säurehaltigem Wasser und Zink oder Eisen, oder durch Schmelzen mit kohlensaurem Alkali, oder, frisch gefällt, durch Kochen mit kaustischer Kalilauge und Traubenzucker sehr leicht zu metallischem Silber reducirt.

Wegen der absoluten Unlöslichkeit des Chlorsilbers wird das Silber aus seinen verdünntesten Auflösungen durch Salzsäure oder lösliche Chlormetalle niedergeschlagen, welche Eigenschaft man bei chemischen Untersuchungen zur Ent-

deckung von Silber, und umgekehrt zur Entdeckung von Chlor und quantitativen Bestimmung von Silber und Chlor benutzt. Man benutzt sie ferner zur Darstellung von chemisch reinem Silber aus gewöhnlichem kupferhaltigen, welches man in Salpetersäure auflöst, durch Kochsalz als Chlorsilber niederschlägt, auswäscht, und auf eine der oben angegebenen Arten reducirt.

*Bromsilber*, $AgBr$, gelblicher Niederschlag, sehr leicht schmelzbar zur durchsichtigen gelben Masse; durch Chlorgas leicht zersetzbar.

*Jodsilber*, $AgJ$. Blafsgelb im Uebrigen dem Chlorsilber höchst ähnlich, aber kaum löslich in Ammoniak, — ein Mittel, um Jod und Chlor zu trennen.

*Cyansilber*, $AgCy$, weifser, käseähnlicher Niederschlag; wird aus den löslichen Silbersalzen durch freie Blausäure gefällt. Löslich in den Cyanüren der Alkalimetalle zu krystallisirenden Doppelcyanüren, deren Lösung zur galvanischen Versilberung dient.

*Schwefelsaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}\dddot{S}$; kleine glänzende, sehr schwerlösliche Krystallnadeln.

*Salpetersaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$; wasserhelle, in der Luft unveränderliche Krystalle, in Wasser leicht löslich; enthält kein Wasser. Schmilzt leicht und erstarrt krystallinisch (*Höllenstein*). Wirkt ätzend giftig, zerstört organische Stoffe und schwärzt sie. Wird erhalten durch Auflösen von reinem Silber in mäfsig starker Salpetersäure.

*Phosphorsaures Silberoxyd*, $= \dot{Ag}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$. Gelber Niederschlag. Entsteht durch Fällung eines Silbersalzes mit ungeglühtem phosphorsauren Natron. Geglühtes gibt einen weifsen Niederschlag, $= \dot{Ag}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$. (Vergl. S. 48 und 102.).

*Arseniksaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}$. Brauner Niederschlag.

*Arsenigsaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{As}}$. Entsteht als lebhaft gelber Niederschlag, selbst bei sehr grofser Verdünnung, beim Vermischen von arsenigsaurem Alkali mit salpetersaurem Silberoxyd.

*Kohlensaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}\ddot{C}$, gelblich weifses Pulver.

*Oxalsaures Silberoxyd*, $\dot{A}g\,\dddot{C}$, weifses Pulver; wird durch freie Oxalsäure aus den Silbersalzen gefällt. Verpufft beim Erhitzen.

*Cyansaures Silberoxyd*, $\dot{A}g\,\dot{C}y$. Weifses, fast unlösliches Pulver. Zersetzt sich beim Erhitzen ohne Explosion.

*Knallsaures Silberoxyd*, $\dot{A}g\,C^4\overline{N}O^3 + Ag\overline{N}$? Kleine, weifse Krystallnadeln. Explodirt durch Reiben, Schlag oder Erhitzen, oft schon durch blofse Berührung, selbst unter Wasser, mit noch gröfserer Gewalt als das Quecksilbersalz. Alkalien scheiden nur den halben Silbergehalt als Oxyd daraus ab unter Bildung von explodirendem $\dot{K}C^4NO^3 + Ag\overline{N}$?

*Silber-Sulfarsenit*, $\overset{\prime}{A}g^3\overset{\prime\prime\prime}{A}s$, bildet ein dunkelrothes, durchscheinendes, krystallisirtes Mineral, das *lichte Rothgiltigerz*.

*Silber-Sulfantimonit*, $\overset{\prime}{A}g^3\overset{\prime\prime\prime}{S}b$, ein halb metallisch glänzendes, krystallisirtes Mineral, das *dunkle Rothgiltigerz*.

*Silberlegirungen*. Die meisten der vorhergehenden Metalle lassen sich mit Silber zusammenschmelzen, allein aufser dem Silberamalgam und dem Kupfer-Silber ist keines dieser Gemische von Merkwürdigkeit oder Anwendung. Das *Silberamalgam* findet sich als seltenes Mineral krystallisirt. Künstlich erhält man es krystallisirt, wenn man Quecksilber in aufgelöstem salpetersauren Silberoxyd liegen läfst.

*Kupfer* und Silber lassen sich nach allen Verhältnissen zusammenschmelzen; die Gemische sind weifs, bis blafs kupferroth, und härter als reines Silber. Alles verarbeitete Silber ist mit Kupfer versetzt. Der Silbergehalt wird durch das Wort *löthig* ausgedrückt; eine Mark Münzgewicht hat nämlich 16 Loth (1 Loth = 18 Grän), und ein Gemische aus 15 Loth Silber und 1 Loth Kupfer nennt man 15*löthiges* Silber, aus 12 Loth Silber und 4 Loth Kupfer, wie z. B. die Thalerstücke, 12*löthiges* Silber, u. s. w. — Die Oberfläche von verarbeitetem kupferhaltigen Silber wird durch das *Weifssieden* mit Weinstein, Kochsalz und Wasser, oder mit verdünnter Schwefelsäure, weifser gemacht.

Um den Silbergehalt eines verarbeiteten Silbers leicht zu finden, hat man zweierlei technische Verfahrungsweisen: 1) die *Cupellation*. Die abgewogene Probe wird mit dem viel-

vielfachen Gewicht Blei auf der *Kapelle*, einer kleinen aus Knochenasche und ausgelaugter Holzasche verfertigten Schüssel, in der *Muffel* des *Cupellirofens* abgetrieben, d. h. so lange unter dem Zutritt der Luft geschmolzen, bis sich alles Blei mit allem Kupfer oxydirt und in die Masse der Kapelle eingezogen hat, und der reine Silbergehalt der Probe, zu einem Korn zusammengeschmolzen, auf der Kapelle zurückgeblieben ist. — 2) Die abgewogene Probe wird in reiner Salpetersäure aufgelöst, und das Silber durch Kochsalzauflösung von bekanntem Salzgehalt niedergeschlagen. Aus der Menge (dem Maafs) der verbrauchten Salzauflösung wird der Silbergehalt der Probe berechnet.

Aus allem verarbeiteten, kupferhaltigen Silber, z. B. alter Münze, wird im Grofsen das Silber durch Auflösung des Gemisches in heifser Schwefelsäure in Platinkesseln, und Fällung des Silbers durch hineingestelltes Kupfer abgeschieden, wobei man Kupfervitriol als Nebenproduct gewinnt.

## 6. Platin.

*Vorkommen.* Hauptsächlich in Südamerika und am Ural. Nur gediegen; seltener rein, gewöhnlich mit kleinen Beimischungen von Palladium, Iridium, Ruthenium, Rhodium, Osmium, Eisen und Kupfer; in Gestalt kleiner, abgeplatteter Körner oder gröfserer Klumpen von 17,7 spec. Gewicht, gemengt mit Körnern von Gold, Osmium-Iridium, Chromeisen, Titaneisen, Hyacinthen, Spinellen etc. in den Platinsand-Lagern.

*Darstellung.* Die Platinkörner oder das rohe Platin enthält im Durchschnitt ungefähr 80 Proc. reines Platin. Für die Verarbeitung desselben müssen die anderen Metalle, wenigstens die Hauptmenge derselben, weggeschafft, und dasselbe in einen Zustand versetzt werden, in welchem es sich, da es nicht schmelzbar ist, auf andere Weise in eine zusammenhängende Masse vereinigen läfst. — Das rohe Platin wird in Königswasser aufgelöst, wobei ein schwarzes Pulver (Iridium, Ruthenium und Osmium-Iridium) ungelöst bleibt. Die rothgelbe Auflösung wird mit Natron neutralisirt, und das Palladium durch Cyanquecksilber niederge-

schlagen. Nachdem sie mit etwas Salpetersäure sauer gemacht worden, um die Fällung von Iridium zu verhindern, wird so lange Salmiak-Auflösung zugegossen, als noch ein gelber Niederschlag entsteht. Dieser ist Chlorplatin-Ammonium (Platinsalmiak); er wird abfiltrirt, einige Male ausgewaschen und getrocknet. In der Auflösung sind, nebst etwas Platin, die übrigen Metalle zurückgeblieben.

Durch gelindes Glühen liefert der Platinsalmiak metallisches Platin, in Gestalt einer grauen, schwammigen, weichen Masse (Platinschwamm). Derselbe wird unter Wasser zu sehr feinem Pulver zerrieben, in einer eisernen Form vermittelst einer Presse äufserst stark zusammengeprefst, der erhaltene Kuchen darauf weifsglühend gemacht und glühend vorsichtig gehämmert, bis er vollkommen geschmeidig und schmiedbar geworden ist.

*Eigenschaften.* Farbe zwischen stahlgrau und silberweifs; weniger glänzend als Silber; härter als Kupfer; sehr geschmeidig, in höchst feinen Draht ausziehbar. Spec. Gewicht 21,5. In der Weifsglühhitze schweifsbar; im heftigsten Essenfeuer für sich unschmelzbar; schmilzt aber in der durch Sauerstoffgas angefachten Weingeistflamme, im Knallgasgebläse und durch starke galvanische Ströme. — Wird, als Platinschwamm, in Berührung mit einem Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, glühend und entflammt die Gase, bewirkt die Vereinigung von schwefligsaurem Gas und Sauerstoffgas, die Bildung von Ammoniak aus Stickoxyd und Wasserstoffgas, die Bildung von Salpetersäure aus Ammoniak und Sauerstoffgas.

Das Platin ist bei keiner Temperatur auf unmittelbare Weise oxydirbar, es vereinigt sich überhaupt nur schwierig mit den Metalloïden, und fast alle diese Verbindungen sind in der Glühhitze wieder zersetzbar. Es hat zwei sehr schwach basische Oxyde, ein Oxydul $= \dot{Pt}$ und ein Oxyd $= \ddot{Pt}$, beide schwarz, und eben so viel entsprechende Schwefel- und Chlor-Verbindungen.

Das *Platinchlorid*, $PtCl^2$, bildet sich durch Auflösen des Metalles in Königswasser. Nach dem Abdampfen kry-

stallinische rothbraune Masse, mit rothgelber Farbe in Wasser löslich (Platinauflösung). Aus dieser Auflösung schlagen sowohl die Ammoniumsalze, als die Kaliumsalze, ein schön gelbes, sehr wenig lösliches Pulver nieder: *Ammonium-Platinchlorid* (Platinsalmiak), $NH^4 Cl + Pt Cl^2$, und *Kalium-Platinchlorid* $K Cl + Pt Cl^2$. Das Ammoniumsalz hinterläfst beim Glühen 44,32 Procent Platin; 100 Th. Kaliumsalz entsprechen 19,33 Th. Kali und 40,40 Platin. Beide Salze krystallisiren bei langsamer Abscheidung in kleinen gelben Octaëdern. Da das Chlorplatinnatrium leicht löslich ist, und Natriumsalze also in der Platinauflösung keinen Niederschlag bewirken, so benutzt man diese Verschiedenheit bei Analysen zur Unterscheidung und Trennung von Kali und Natron.

Die Platinchloridlösung wird nicht durch kaustisches, kohlensaures oder oxalsaures Natron gefällt. Sulfhydrate fällen daraus schwarzbraunes Schwefelplatin, Zink, und in der Wärme auch weinsaures und ameisensaures Natron reduciren daraus das Platin als schwarzes Pulver.

Das *Chlorür*, $Pt Cl$, entsteht, unter Chlorentwickelung, durch starkes Erhitzen des Chlorids. Dunkelgraugrünes Pulver, in Wasser unlöslich, löslich in heifser, kaustischer Kalilauge. Wird zu dieser Auflösung Alkohol gemischt, so schlägt sich, unter heftiger Entwickelung von Kohlensäuregas, ein sammtschwarzes, schweres Pulver nieder, welches metallisches Platin ist. In diesem Zustande hat es die merkwürdige Eigenschaft, mit Weingeist befeuchtet, glühend zu werden und denselben in Essigsäure zu verwandeln. In noch höherem Grade als der Platinschwamm, hat es dabei die Eigenschaft, mit Wasserstoffgas glühend zu werden, von dem es, so wie von anderen Gasen, ein sehr grofses Volumen einsaugt.

Wird das Platinchlorür lange Zeit mit kaustischem Ammoniak erhitzt, so löst es sich allmählig auf. Die Lösung setzt beim Verdunsten eine blafsgelbe Verbindung in kleinen Krystallen ab. Diese ist das Chlorür von einem sehr merkwürdigen Körper, bestehend aus Platinamid verbunden mit Ammonium $= NH^2 Pt + NH^4$. Jenes Chlorür ist

$\overline{N}\overline{H}^2 Pt + \overline{N}\overline{H}^4 \overline{C}l$. Vom Chlor getrennt, verwandelt er sich in $\overline{N}\overline{H}^2 Pt + \dot{\overline{N}}\overline{H}^4$, eine farblose, zerfliefsliche Masse, die eine starke Basis ist, stark alkalisch schmeckt und reagirt, aus der Alkalien kein Ammoniak entwickeln, und die als Ganzes mit allen Säuren krystallisirbare Salze bildet.

Erwärmt man das Chlorür dieser Basis mit Salpetersäure, so bildet sich das krystallisirende salpetersaure Salz von einem anderen ähnlichen, stark basischen Körper, $= \overline{N}\overline{H}^2 Pt\overline{C}l + \dot{\overline{N}}\overline{H}^4 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\overline{N}}$, also Ammoniumoxyd verbunden mit Platinchlorür-Amid, aus dem Alkalien ebenfalls kein Ammoniak entwickeln, und der mit allen Säuren meist krystallisirende Salze bildet.

*Kalium-Platincyanür*, $K\overline{C}y + Pt\overline{C}y + 3\dot{\overline{H}}$, entsteht durch Erwärmen des Chlorürs mit einer Lösung von Cyankalium. Lange Prismen, bei durchfallendem Licht gelb, bei auffallendem lebhaft hellblau, wasserfrei orangegelb; leicht löslich. Chlorgas in die Lösung geleitet, verwandelt es in $2K\overline{C}y + Pt\overline{C}y^3$. Kleine kupferrothe, metallglänzende Prismen, ohne Farbe in Wasser löslich.

Das Platin vereinigt sich leicht mit den übrigen Metallen. Aus diesem Grunde, und weil die meisten dieser Legirungen leicht schmelzbar sind, hat man sich zu hüten, mit glühenden Platingefäfsen andere Metalle oder Verbindungen, aus denen sich dieselben reduciren können, in Berührung zu bringen. Eben so wenig darf man sie oft und lange zwischen Kohlen glühen, weil sie durch Aufnahme von Kiesel aus der Asche ganz spröde und brüchig werden. Man kann Platin in Berührung mit Kohle in einem Thontiegel im Essenfeuer schmelzen, weil es dabei zu schmelzbarem, sprödem Kieselplatin wird.

Die Unveränderlichkeit des Platins im Feuer und seine Unlöslichkeit in den meisten Säuren, verbunden mit seiner Härte und Schmiedbarkeit, machen es zu einem für chemische Geräthschaften ganz unentbehrlichen Metall. Besonders wichtig ist seine Anwendung zu Destillirblasen bei der Schwefelsäure-Fabrication geworden.

Das rohe Platin kam zuerst 1741 nach Europa.

## 7. Palladium.

*Vorkommen.* Höchst selten in einzelnen Körnern unter dem rohen Platin. In geringer Menge im rohen Platin, so wie in brasilianischem Waschgold. Auch bei Tilkerode auf dem Harz.

*Eigenschaften.* In Farbe, Glanz und Geschmeidigkeit dem Platin sehr ähnlich. Spec. Gewicht 11,8. Fast so strengflüssig wie Platin. Läuft beim Erhitzen an der Luft stahlblau an; beschlägt sich in der Weingeistflamme mit Rufs, und wird durch Aufnahme von Kohle spröde. Löst sich in kalter Salpetersäure ohne Gasentwickelung auf. Seine Oxyde sind $\dot{\bar{P}}d$, $\dot{P}d$ und $\ddot{P}d$; für sich reducirbar. In Königswasser löst es sich mit dunkelbrauner Farbe zu Chlorid. Beim Abdampfen wird es zu dunkelbraunem, zerfliefslichem Chlorür, $Pd\bar{C}l$. Ammoniak fällt aus seiner Lösung schön fleischrothes $Pd\bar{C}l + \bar{N}H^3$. Dieses ist löslich in kaustischem Ammoniak, woraus dann Salzsäure eine citrongelbe Verbindung fällt. ***Kalium-*** und ***Ammonium-Palladiumchlorid***, erhalten durch Erhitzen des Chlorürs mit Königswasser unter Zusatz von $K\bar{C}l$ oder $\bar{N}H^4\bar{C}l$, sind zinnoberrothe, krystallinische Pulver, in Wasser kaum löslich.

1803 von Wollaston im Platin entdeckt.

## 8. Iridium.

*Vorkommen.* Zu 1 bis 5 Proc. im rohen Platin. In besonderen Körnern als Osmium-Iridium unter dem rohen Platin; am seltensten als platinhaltiges Iridium in Körnern von 23 spec. Gewicht.

*Eigenschaften.* Nur im zusammengesinterten, nicht im geschmolzenen Zustand bekannt, da es selbst im Sauerstoffgasgebläse unschmelzbar ist. Grauweifs, durch Poliren stark glänzend. In allen Säuren, selbst in Königswasser, unlöslich. Mit Chlornatrium innig gemengt und in Chlorgas schwach geglüht, bildet es ein in Wasser lösliches Doppelchlorid.

Das ***Iridiumchlorid***, $Ir\bar{C}l^2$, erhält man in dunkel rothbrauner Lösung, wenn man Iridiumpulver durch Glühen mit einem Gemenge von Kalihydrat und Salpeter in Ses-

quioxydul, $\ddot{Ir}$, verwandelt, dieses auswäscht und in der Wärme in concentrirtem Königswasser auflöst. Salmiak fällt daraus dunkelrothes Ammonium-Iridiumchlorid, löslich in verdünnter heifser Salzsäure, woraus es sich in schwarzen Octaëdern absetzt.

Bildet 4 Oxyde; für sich reducirbar.

1803 von Tennant entdeckt.

### 9. Ruthenium.

*Vorkommen.* In sehr kleiner Menge im Platinerz; zu 1—1½ Proc. im Rückstand von dessen Auflösung. Zu 3 bis 6 Proc. im Osmium-Iridium.

*Eigenschaften.* Sehr ähnlich dem Iridium, oxydirt sich aber leicht beim Glühen an der Luft; seine Oxyde für sich nicht reducirbar.

1843 von Claus entdeckt.

### 10. Rhodium.

*Vorkommen.* Zu 1 bis 3 Proc. im rohen Platin.

*Eigenschaften.* Wegen seiner Strengflüssigkeit nur im zusammengesinterten Zustand bekannt. Silberweifs, spröde, sehr hart, von 11 spec. Gewicht. — In allen Säuren unlöslich. Oxydirt sich als Pulver beim Erhitzen an der Luft. Es hat 2 Oxyde.

1804 von Wollaston entdeckt.

### 11. Osmium.

*Vorkommen.* Zum Theil im rothen Platin; hauptsächlich als Osmium-Iridium, in besondern, spröden Körnern von 19,5 spec. Gewicht, dem Platin beigemengt.

*Eigenschaften.* Durch Wasserstoffgas aus seinem flüchtigen Oxyd reducirt, bildet es eine dichte, dunkel eisenschwarze Masse von 10 spec. Gewicht; auf andere Weise reducirt, stellt es, wegen seiner Unschmelzbarkeit, eine blaulichschwarze, spröde Masse dar.

Das Osmium hat 5 Oxyde, wovon das flüchtige, die *Osmiumsäure* $= \overset{....}{Os}$, das merkwürdigste ist. Sie entsteht durch Verbrennung des Metalles an der Luft, sie ist höchst flüchtig und sublimirt sich in farblosen, glänzenden Kry-

stallen, ist schon unter Wasser schmelzbar, in Wasser löslich, hat einen höchst durchdringenden, dem Chlor entfernt ähnlichen Geruch, und greift selbst in höchst geringer Menge als Dampf die Athmungsorgane und Augen heftig an.

1803 von Tennant entdeckt.

### 12. Gold.

*Vorkommen.* Nur gediegen, zuweilen in Verbindung mit Silber und Tellur. Sehr verbreitet.

*Gewinnung.* Ein grofser Theil des Goldes wird als Waschgold aus den Goldsand-Lagern in Gestalt kleiner Körner oder gröfserer Klumpen mechanisch geschieden. Aus weniger reichen Golderzen, in denen es zerstreut oder unsichtbar eingesprengt vorkommt, wird es durch ähnliche Processe, wie das Silber, dargestellt.

Ist das gewonnene Gold silberhaltig, oder hat man goldhaltiges Silber erhalten, so müssen beide Metalle geschieden werden; dies geschieht am besten durch Auflösung des Gemisches in heifser Schwefelsäure in einem Platinkessel, wobei das Gold ungelöst bleibt und sich bei Auflösung des schwefelsauren Silberoxyds in Wasser als braunes Pulver abscheidet. Das Silber wird alsdann durch Kupfer niedergeschlagen, und Kupfervitriol als Nebenproduct gewonnen. Oder es wird das goldhaltige Silber, in ausgewalztem oder sonst vertheiltem Zustande, bei $\frac{1}{4}$ Goldgehalt, in warmer Salpetersäure (Scheidewasser) aufgelöst, wobei das Gold zurückbleibt, *Quartscheidung*. Silberhaltiges Gold, mit vorwaltendem Gold, wird in Königswasser aufgelöst, wobei das Silber als Chlorsilber zurückbleibt. Aus der Auflösung wird das Gold durch Eisenvitriol niedergeschlagen.

*Eigenschaften.* Gelb, krystallisirbar; weicher als Silber; das geschmeidigste Metall; läfst sich zu Blättchen von $\frac{1}{20000}$ Linie ausdehnen; 1 Gran gibt einen 500 Fufs langen Draht und eine Platte von 56,75 Quadratzoll Oberfläche. Spec. Gewicht 19,5. In Pulvergestalt braun; als Blattgold mit grüner Farbe durchscheinend. Schmilzt schwerer als Kupfer, zeigt im Flufs eine bläulichgrüne Farbe, und dehnt sich dabei stark aus.

*Oxyde.* Unter den Metallen hat das Gold die geringste Verwandtschaft zum Sauerstoff; es bleibt in der Luft bei jeder Temperatur unverändert, und läfst sich nur auf mittelbarem Wege oxydiren. Es ist nur in Königswasser, unter Bildung von Chlorgold, löslich. Seine Oxyde sind $\dot{\mathrm{Au}}$ und $\dddot{\mathrm{Au}}$.

Nur vom Oxydul, das violett schwarz ist, sind einige Salze bekannt, nämlich farblose dithionigsaure Doppelsalze, entstehend durch Vermischen der Lösungen von Goldchlorid mit dithionigsaurem Alkali, und der *Goldpurpur*, $\dot{\mathrm{Au}}\ddot{\mathrm{Sn}} + \dot{\mathrm{Sn}}\ddot{\mathrm{Sn}} + 4\dot{\bar{\mathrm{H}}}$, eine dunkel violette Verbindung, die wegen ihrer färbenden Eigenschaft zur Darstellung des Rubinglases und als schönste rothe Farbe zum Malen auf Porzellan und Email angewandt wird. Entsteht durch Vermischen der Lösungen von Goldchlorid und Zinnchlorür, am reinsten durch Einwirkung von Zinnfolie auf Goldchloridlösung.

Das *Goldoxyd*, $\dddot{\mathrm{Au}}$, ist ein dunkelbraunes Pulver, schon bei 245° zersetzbar. Bildet mit den Basen salzartige Verbindungen, worin es die Säure ist. Scheidet sich ab, wenn neutrale Goldchloridlösung mit kohlensaurem Natron neutralisirt und dann zum Sieden erhitzt wird.

*Schwefelgold.* Entsteht nicht durch Schmelzen von Gold mit Schwefel, sondern nur durch Zersetzung von Chlorgold mit Schwefelwasserstoffgas. Schwarzes Pulver; durch Erhitzen leicht zersetzbar; in Schwefelkalium auflöslich.

*Chlorgold.* Das Chlorid, $\mathrm{Au\,Cl^3}$, bildet sich beim Erhitzen von Blattgold in Chlorgas; wird gewöhnlich erhalten durch Auflösung des Goldes in Königswasser (Goldauflösung). Krystallisirt aus der sauren Auflösung in Verbindung mit Chlorwasserstoffsäure in langen, gelben Krystallen. Das neutrale Goldchlorid, erhalten durch Abdampfen der sauren Auflösung, ist eine dunkelrothe, krystallinische, zerfliefsliche Masse, in Wasser mit rothgelber Farbe löslich. Wird bei gelindem Erhitzen in gelblichweifses Chlorür, bei stärkerer Hitze in metallisches Gold und Chlorgas zerlegt. Die Goldauflösung färbt die Haut dunkel purpurfarben.

Aus der neutralen Goldauflösung wird das Gold metallisch gefällt: durch Phosphor, phosphorige und schweflige Säure, Eisenvitriol, Zink, Eisen, Kupfer und mehrere andere Metalle; ferner durch Oxalsäure und die pflanzensauren Alkalisalze, besonders unter Mitwirkung des Lichts. Seine Fällbarkeit durch Eisenvitriol benutzt man zur Darstellung von reinem Gold aus kupferhaltigem. — Kaustische Alkalien fällen die Goldauflösung nicht, nur Ammoniak fällt daraus ***Knallgold***, ein durch Druck oder gelindes Erwärmen mit heftigem Knall explodirendes Pulver, das wahrscheinlich Stickstoffgold enthält. Mit Chlorkalium und Chlornatrium bildet das Goldchlorid gelbe, krystallisirende Doppelverbindungen.

*Cyangold.* Das *Cyanid*, $AuCy^3$, krystallisirt mit Krystallwasser in farblosen, leichtlöslichen Tafeln. Mit Cyankalium bildet es ein sehr leicht und grofs krystallisirendes Doppelsalz. Man erhält es durch Vermischen einer neutralen Goldchlorid-Lösung mit einer heifsen concentrirten Lösung von Cyankalium. Das *Cyanür*, $AuCy$, ist ein in Wasser unlösliches, schön gelbes, krystallinisches Pulver. Bildet mit Cyankalium ein in grofsen, farblosen Prismen krystallisirendes Doppelsalz, das man durch Auflösen von frisch gefälltem Knallgold in einer heifsen Auflösung von Cyankalium erhält. Aus seiner Lösung fällt Salzsäure Goldcyanür. Die Lösungen dieser Doppelcyanüre dienen zur galvanischen Vergoldung.

*Goldlegirungen.* Das Gold läfst sich mit den meisten der vorhergehenden Metalle zusammenschmelzen. — $\frac{1}{1920}$ *Wismuth* reicht hin, das Gold spröde zu machen. 1 *Blei* und 11 Gold: ein blafsgelbes Gemische, so spröde wie Glas, 1 *Zink* und 60 Gold: spröde. Mit *Quecksilber* amalgamirt sich das Gold sehr leicht; das Goldamalgam dient zum Vergolden anderer Metalle. *Silber* und *Kupfer* schmelzen mit Gold in allen Verhältnissen zusammen und machen es härter.

Das meiste verarbeitete Gold enthält eine Beimischung von Silber oder Kupfer, oder von beiden zugleich (*rothe, weifse* und *gemischte Karatirung*); nur wenige Münzsorten werden aus ganz reinem Gold geprägt. Der Goldgehalt in

legirtem Gold wird durch das Wort *karatig* ausgedrückt, 1 Mark Gold (= 16 Loth) wird nämlich in 24 Karat (1 Karat = 12 Gräu) eingetheilt; enthält legirtes Gold $\frac{3}{24}$ Kupfer oder Silber, so heifst es 21karätiges Gold, $\frac{8}{24}$ Kupfer 16karätiges etc. Der Goldgehalt des legirten Goldes wird ebenfalls durch die Cupellation gefunden. Blofs kupferhaltiges Gold wird blofs mit Blei abgetrieben; das zugleich silberhaltige wird mit dem 2- bis 3fachen Gewicht Silber und dem 10fachen Gewicht Blei zusammengeschmolzen und abgetrieben, und dann das Silber vom Gold durch die Quartscheidung getrennt.

# IV. Gruppe der Metalle.

## 1. Wolfram.

*Vorkommen.* Nur als Oxyd und als Säure, am häufigsten im Mineral Wolfram.

*Eigenschaften.* Eisengrau, spröde, sehr hart, von 17 spec. Gewicht; höchst strengflüssig; in der Luft unveränderlich; durch Säuren nur schwierig oxydirbar. Als Pulver in der Luft erhitzt, verbrennt es zu Wolframsäure.

*Wolframsäure*, $\dddot{W}$. Schwefelgelbes, geschmackloses Pulver. Wird am einfachsten erhalten durch Zersetzung des natürlichen wolframsauren Kalks (Tungsteins) durch Salpetersäure. Löst sich in den Auflösungen der kaustischen Alkalien auf, und bildet damit krystallisirbare, wolframsaure Salze. Säuren schlagen daraus in der Wärme gelbe, jedoch nicht ganz reine Wolframsäure nieder. — In Berührung mit Zink und wäſsriger Salzsäure wird die Wolframsäure zuerst tief blau, und darauf in metallisch glänzende, kupferrothe Blättchen von *Wolframoxyd*, $=\ddot{W}$, verwandelt. Dieses entsteht auch durch schwaches Glühen der Säure in Wasserstoffgas als braunes Pulver, oder durch Glühen von wolframsaurem Kali mit Salmiak als schwarzes Pulver. Bei stärkerer Hitze wird die Säure, besonders leicht die alkalihaltige, durch Wasserstoffgas zu Metall reducirt.

*Chlorwolfram.* Metallisches Wolfram verbrennt beim Erwärmen in Chlorgas zu Chlorür, $W\,Cl^2$; es ist sehr flüchtig, sublimirt sich in rothen, schmelzbaren Krystallen. Mit Wasser zersetzt es sich sogleich in braunrothes Oxyd und Salzsäure. Wolframoxyd, in Chlorgas erhitzt, verwandelt sich in eine, aus Krystallschuppen bestehende, sublimirte gelbliche Masse, $=2\dddot{W}+W\,Cl^3$. Zersetzt sich mit Wasser in Salzsäure und Wolframsäure.

Als Mineralien vorkommende Wolfram-Verbindungen sind: Der *Tungstein*, wolframsaurer Kalk, $\dot{C}a\dddot{W}$; farblos, durchscheinend; sehr schwer; öfters krystallisirt. — *Wolf-*

*ram*, $\dot{Mn}\ddot{W} + 3\dot{Fe}\ddot{W}$, grofse, eisenschwarze, metallisch glänzende Krystalle, von 7 spec. Gewicht. Findet sich vorzüglich in den böhmischen Zinngruben. Wird durch Säuren oder durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali oder Chlorcalcium zersetzt. — ***Wolframsaures Bleioxyd***, kleine braune Krystalle; sehr selten.

Die Wolframsäure wurde von Scheele 1781 zuerst im Tungstein entdeckt. — Das Wolfram ist bis jetzt ohne Anwendung.

## 2. Molybdän.

*Vorkommen.* * Als Molybdänsäure; häufiger als Schwefelmolybdän.

*Eigenschaften.* Weifs, stark glänzend; spröde, von 8,6 spec. Gewicht; höchst strengflüssig. In Salpetersäure auflöslich.

*Oxyde.* Das Molybdän hat drei Oxyde: ein schwarzes Oxydul, ein braunes Oxyd, beide Salzbasen, und eine Säure. 1 Atom Metall ist darin verbunden mit 1, 2 und 3 Atomen Sauerstoff. Die Molybdänsäure, $= \dddot{Mo}$, ist weifs krystallinisch; in Glühhitze schmelzbar und sublimirbar; in Wasser in geringer Menge löslich; durch Wasserstoffgas in starker Glühhitze zu Metall reducirbar. Die molybdänsauren Alkalien sind auflöslich und krystallisirbar. Molybdänsaures ***Bleioxyd*** bildet ein gelbes, krystallisirtes Mineral, das ***Gelbbleierz***. Das molybdänsaure Molybdänoxyd ist schön blau und in Wasser löslich.

*Schwefelmolybdän.* Die dem Oxyd entsprechende Verbindung, $= \overset{''}{Mo}$, ist das häufigste Molybdänfossil (Molybdän oder Wasserblei); bleigrau, metallglänzend, weich, talkartig, abfärbend, dem Graphit ähnlich. — Das der Säure entsprechende Schwefelmolybdän, $= \overset{'''}{Mo}$, ist ein Sulfid und bildet mit basischen Schwefelmetallen Salze. Das krystallisirte Kalium-Salz, $\overset{'}{K}\overset{'''}{Mo}$, ist bei auffallendem Licht schön metallisch-grün, bei durchfallendem rubinroth.

*Molybdänchlorür* und *-Chlorid* sind sublimirbare, feste Körper.

1778 von Scheele entdeckt. — Ohne Anwendung.

### 3. Vanadin.

*Vorkommen.* Bis jetzt sehr selten; zuerst in schwedischem Eisen und dessen Frischschlacke entdeckt; in manchen Eisenerzen und manchem Uranpecherz; die einzige bekannte Verbindung, die als Mineral vorkommt, ist das vanadinsaure Bleioxyd.

*Eigenschaften.* Nur in Pulverform bekannt. — Es hat ein Oxydul, ein Oxyd und eine Säure. Letztere ist braunroth, leicht schmelzbar und beim Erstarren krystallisirend; bildet mit den Basen gelb und roth gefärbte Salze. Durch Schmelzen vanadinhaltiger Mineralien mit Salpeter entsteht in Wasser lösliches, vanadinsaures Kali; Salmiak, in seine Lösung gestellt, fällt daraus weifses, pulverförmiges vanadinsaures Ammoniumoxyd, welches beim Erhitzen an der Luft Vanadinsäure hinterläfst.

1830 von Sefström entdeckt.

### 4. Chrom.

*Vorkommen.* Nur oxydirt; hauptsächlich im Chromeisenstein (Chromoxyd-Eisenoxydul), seltener als chromsaures Bleioxyd; in geringer Menge im Serpentin.

*Eigenschaften.* Durch Kohle aus dem Oxyd reducirt, stahlgrau, sehr hart und spröde; im stärksten Gebläsefeuer kaum schmelzbar; spec. Gewicht 6. Sehr schwer oxydirbar; in Säuren unlöslich. Durch Kalium aus dem Chlorür reducirt, sehr leicht verbrennbar, in Salzsäure unter Wasserstoff-Entwicklung löslich.

*Oxyde.* Das Chrom hat drei Oxydationsstufen, ein Oxydul, ein Oxyd und eine Säure. *a*) Das $\dot{Cr}$ ist so gut wie noch unbekannt.

*b*) *Chromoxyd*, $\dddot{\bar{Cr}}$. Grünes, unschmelzbares Pulver oder schwarze, metallisch glänzende, äufserst harte Krystalle von der Form des Eisenoxyds. Nach dem Glühen in Säuren fast unlöslich. Durch Wasserstoffgas nicht, durch Kohle nur in strenger Weifsglühhitze reducirbar. Macht den färbenden Bestandtheil des Smaragds und Rubins aus, und wird als grüne Farbe auf Porzellan und Email gebraucht. Das Chromoxyd ist mit Eisenoxyd und Thonerde isomorph.

Die *Chromoxydsalze* können in einer violetten oder blauen und in einer grünen Modification erhalten werden. Das schwefelsaure Chromoxyd-Kali (Chromalaun) $=\dot{K}\ddot{S}+\overline{Cr}\ddot{S}^3+24\dot{H}$, bildet tief amethystrothe Octaëder; seine Auflösung ist dunkel violett, beim Erhitzen wird sie grün.

Aus der violetten Lösung fällt kaustisches Kali ein violettblaues Hydrat, in kaustischem Ammoniak mit rubinrother Farbe löslich; aus der grünen fällt es graugrünes Hydrat, in Kali mit smaragdgrüner Farbe löslich, beim Kochen wieder niederfallend. *Oxalsaures Chromoxyd-Kali*, $2\dot{K}\ddot{\overline{C}}+\overline{Cr}\ddot{\overline{C}}^3+6\dot{H}$, erhalten durch Kochen einer Lösung von $\dot{K}\ddot{\overline{C}}+\dot{H}\ddot{\overline{C}}$ mit Chromoxydhydrat, oder von zweifach-chromsaurem Kali mit Oxalsäure, bildet schwarze, blau durchscheinende Prismen. Seine Lösung wird weder durch Alkalien noch durch Kalksalze gefällt.

*c) Chromsäure*, $\dddot{Cr}$. Krystallisirt in lebhaft rothen Prismen, zerfliefst an der Luft, schmeckt sauer und herbe; färbt die Haut gelb, löst sich im Wasser mit gelbbrauner Farbe leicht auf. Bis über den Schmelzpunkt erhitzt, zerfällt sie in grünes Oxyd und Sauerstoffgas. In Ammoniakgas, so wie in Alkoholdampf, wird sie glühend und verwandelt sich in grünes Oxyd. Mit Salzsäure entwickelt sie Chlor.

Die *chromsauren Salze* sind alle gefärbt, zum Theil sehr schön; die chromsauren Alkalien und Erden sind gelb. In den aufgelösten chromsauren Alkalien bewirken Bleisalze einen orangegelben, Quecksilberoxydulsalze einen ziegelrothen, Silbersalze einen bräunlich-purpurrothen Niederschlag.

*Chromsaures Kali.* Das *neutrale*, $\dot{K}\dddot{Cr}$, bildet schön gelbe, durchsichtige, luftbeständige Krystalle, von der Form des schwefelsauren Kali's, ist in Wasser leicht löslich und aufserordentlich färbend. Das *saure*, $\dot{K}\dddot{Cr}^2$, krystallisirt in grofsen, leicht schmelzbaren Krystallen, und ist durch seine schöne gelbrothe Farbe ausgezeichnet. Man erhält es, indem man der Auflösung des ersteren Salpetersäure zumischt und zur Krystallisation abdampft. Aus seiner siedendheifs gesättigten Lösung scheidet Schwefelsäure die Chromsäure in kleinen zinnoberrothen Krystallen ab.

Mit Schwefelsäure und Weingeist vermischt, wird die Auflösung des chromsauren Kali's unter starker Erhitzung schön grün, und liefert später Krystalle von Chromalaun. Eben so wirkt schweflige Säure. Wird zweifach-chromsaures Kali mit kohlensaurem Natron und Salmiak oder mit $\frac{1}{4}$ Stärke geglüht, so wird die Chromsäure zu grünem Oxyd reducirt, welches beim Ausziehen der Masse mit Wasser zurückbleibt. Mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, entwickeln die Kalisalze Sauerstoffgas und verwandeln sich in schwefelsaure Oxyd-Doppelsalze.

Das chromsaure Kali, zwar für sich als Farbe unbrauchbar, wird in der Färbekunst gebraucht, um mit Hülfe von Bleisalzen Zeuge gelb und roth zu färben. Als erstes Product von der technischen Verarbeitung des Chromeisensteins, ist es aufserdem das Material zur Darstellung aller übrigen Chrom-Verbindungen. Aus dem Chromeisenstein (Chromoxyd-Eisenoxydul $= \dot{Fe}\dddot{Cr}$) wird es erhalten durch Glühen von 1 Th. desselben in fein gepulvertem Zustande mit 1 Th. Salpeter und $\frac{1}{2}$ Th. Pottasche, Auslaugen der Masse, Neutralisiren mit Salpetersäure, Abfiltriren der niedergefallenen Thonerde und Kieselerde, und Abdampfen zum Krystallisiren, worauf chromsaures Kali anschiefst.

*Chromsaures Ammoniumoxyd*; $\dot{N}H^4\dddot{Cr}$ bildet gelbe, leicht lösliche, $\dot{N}H^4\dddot{Cr}^2$ grofse granatrothe Krystalle. Verwandelt sich beim Erhitzen unter Feuererscheinung in sehr aufgequollenes grünes Oxyd.

*Chromsaure Baryterde*, $\dot{Ba}\dddot{Cr}$, blafsgelber, in Wasser unlöslicher Niederschlag.

*Chromsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\dddot{Cr}$. Als Mineral (*Rothbleierz*) kommt es in schönen gelbrothen Krystallen vor; das künstlich dargestellte ist ein in Wasser unlösliches, orangegelbes Pulver, als schönste gelbe Malerfarbe bekannt unter dem Namen *Chromgelb*. Wird durch Zersetzung von chromsaurem Kali mit einem aufgelösten Bleisalz erhalten. Das *basische* chromsaure Bleioxyd, $\dot{Pb}^2\dddot{Cr}$, ist schön zinnoberroth; wird erhalten durch Schmelzen des neutralen mit Salpeter und Auswaschen, oder durch Kochen des frisch ge-

fällten neutralen Salzes mit einer Auflösung von neutralem chromsauren Kali, welches sich dabei in saures Salz verwandelt, oder endlich durch Fällung eines Bleisalzes mit chromsaurem Kali, dem kaustisches Kali beigemischt ist.

*Chromsaures Quecksilberoxydul*, $\dot{\overline{Hg}}\dddot{Cr}$. Lebhaft ziegelrothes Pulver. Hinterläſst beim Glühen grünes Chromoxyd, kann daher zur Darstellung des letzteren angewendet werden.

*Chromsaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}\dddot{Cr}^2$, bildet sich durch wechselseitige Zersetzung als ein purpurrother Niederschlag; eine Silberplatte, in eine mit Schwefelsäure sauer gemachte Auflösung von chromsaurem Kali gelegt, bedeckt sich mit dunkelrothen, glänzenden Krystallen von $\dot{Ag}\dddot{Cr}^2$, unter gleichzeitiger Bildung von Chromalaun.

*Chlorchrom.* Das *Chlorid*, $\overline{Cr}\,\overline{Cl}^3$, erhält man in pfirsichblüthfarbenen Krystallschuppen durch Glühen von $\dddot{\overline{Cr}}$ und Kohle in Chlorgas. In Wasser unlöslich; aber durch Zusatz einer Spur Zinnchlorür löst es sich sogleich mit grüner Farbe auf, in welcher Form man es auch durch Auflösen des Hydrats in Salzsäure erhält.

Das *Superchlorid*, $Cr\overline{Cl}^3$, ist für sich unbekannt. Uebergieſst man ein vorher zusammengeschmolzenes Gemenge von 3 Atomgewichten Kochsalz und 3 At. neutralem chromsauren Kali in einer Retorte mit 12 Atomgewichten concentrirter Schwefelsäure, so destillirt, indem die Masse von selbst in's Kochen geräth, eine blutrothe, sehr flüchtige, stark rauchende Flüssigkeit über, eine Verbindung von *Chromsuperchlorid* mit *Chromsäure* (Chrom-Aci-Chlorid) $= Cr\overline{Cl}^3 + 2\dddot{Cr}$. Sie entzündet Alkohol, mit Wasser zersetzt sie sich in Chromsäure und Salzsäure. In Dampfgehalt durch ein schwach glühendes Rohr geleitet, wird sie in Sauerstoffgas, Chlorgas und Chromoxyd zersetzt, welches letztere sich in schwarzen, sehr glänzenden und äuſserst harten Krystallen absetzt.

*Fluorchrom.* Das Superfluorid, $Cr\overline{F}^3$, ist eine gelbrothe, höchst flüchtige Flüssigkeit, in der Luft dicke, orangegelbe Nebel bildend; sein Dampf, der die Athmungsorgane gefährlich angreift, setzt an feuchte Körper eine zinnoberrothe, wol-

wollige Vegetation von krystallisirter Chromsäure ab. Zersetzt sich mit Wasser in Fluorwasserstoffsäure und Chromsäure, von welcher letzteren erstere sich vollständig abdampfen läfst. Das Fluorchrom eignet sich daher sehr wohl zur Darstellung der reinen Chromsäure. Das Fluorchrom wird erhalten durch Destillation eines Gemenges von Flufsspath und chromsaurem Kali mit rauchender Schwefelsäure in einer Retorte von Blei oder Platin.

Das Chrom ist 1797 von Vauquelin im Rothbleierz entdeckt worden.

## 5. Titan.

*Vorkommen.* Nur oxydirt als Titansäure.

*Eigenschaften.* Das in mancher Hohofenschlacke zufällig vorkommende Titan ist in stark glänzenden, hell kupferrothen Würfeln krystallisirt. Es ist spröde, in der Luft unveränderlich, im heftigsten Essenfeuer unschmelzbar, und in allen Säuren unlöslich; spec. Gewicht 5,3. Das durch Erhitzen von Chlortitan-Ammoniak in Ammoniakgas reducirte Titan bildet kupferrothe Blättchen und verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu Titansäure.

*Titansäure*, $\ddot{T}i$. Kommt natürlich und krystallisirt vor in dreierlei Formen, als *Rutil, Brookit* und *Anatas.* Der Rutil, das häufigste Mineral, bildet bräunlichrothe, durchscheinende Krystalle. Die künstlich dargestellte Titansäure ist ein weifses Pulver; wird beim Erhitzen vorübergehend gelb; nach sehr heftigem Weifsglühen wird sie braun; nach dem Glühen in allen Säuren, concentrirte heifse Schwefelsäure und Fluorwasserstoffsäure ausgenommen, unauflöslich. Vereinigt sich im Schmelzen mit den Alkalien zu titansauren Salzen. Die merkwürdigsten sind die natürlich vorkommenden:

*Sphen* oder *Titanit*, ein theils gelbes, theils braunes krystallisirtes Mineral, aus titansaurer Kalkerde mit kieselsaurer Kalkerde. *Polymignit*, schwarze Krystalle, aus titansaurer Zirkonerde und mehreren anderen Basen. *Titaneisen*, $Fe\ddot{T}i$, das häufigste Titanerz, ist dunkel eisenschwarz, ähnlich dem Magneteisen, derb und häufig krystallisirt.

*Titanchlorid*, $Ti Cl^2$. Farblose, flüchtige, sehr stark rauchende Flüssigkeit. In Wasser unter sehr starker Erhitzung löslich. Durch Kochen läfst die Lösung weifse Titansäure fallen. Durch hineingestelltes Zinn oder Zink wird sie blau. Wird wie Chlorkiesel dargestellt.

Das Titan ist bis jetzt ohne Anwendung. Es wurde 1791 von Gregor im Titaneisen, und 1794 von Klaproth in Rutil entdeckt.

## 6—8. Tantal. Niobium. Pelopium.

*Vorkommen.* Sehr selten; nur oxydirt als Säuren in Verbindung mit Basen.

Die seltenen Mineralien, die man bisher als Salze von einerlei Säure, der Tantalsäure, betrachtete, enthalten in der That dreierlei verschiedene, aber unter einander höchst ähnliche Säuren, die Tantalsäure, Niobsäure und Pelopsäure. Sie bilden weifse, der Zinnsäure und Titansäure ähnliche, in Wasser und Säuren ganz unlösliche Pulver. Ihre metallischen Radicale sind nur als schwarze, durch Säuren nicht oxydirbare, beim Erhitzen leicht verbrennliche Pulver bekannt.

Das Tantal wurde 1801 von Hatchett und von Ekeberg entdeckt, das Niobium und Pelopium 1844 von H. Rose.

# Reactionen

## zur Unterscheidung der bei Untersuchungen am häufigsten vorkommenden unorganischen Verbindungen.

---

*Oxyde.* Die Oxyde der edlen Metalle und die Superoxyde entwickeln beim Glühen für sich Sauerstoffgas, erkennbar an dem Entflammen eines hinein getauchten glimmenden Spahns. Andere Oxyde, mit Kohle gemengt und geglüht, entwickeln Kohlensäure- oder Kohlenoxydgas, oder bilden beim Glühen in Wasserstoffgas Wasser, unter Reduction des Metalles. Noch andere, deren Sauerstoff auf diese Weise nicht frei wird, geben, wenn sie mit Kohle vermischt in Chlorgas geglüht werden, Chlorid und Kohlenoxydgas. Sauerstoff-Säuren und -Basen sind schon an der Fähigkeit, sich unter einander zu verbinden, erkennbar.

*Schwefel-Metalle.* Manche geben beim Erhitzen in einer Röhre ein Sublimat von Schwefel. Viele entwickeln beim Glühen an der Luft den Geruch nach schwefliger Säure. Manche bilden beim Glühen in Wasserstoffgas Schwefelwasserstoffgas. Bei der Auflösung in Salpetersäure oder in Königswasser bilden sie Schwefelsäure oder hinterlassen Schwefel. Salpeter, mit Schwefelmetallen geglüht, verwandelt sich in schwefelsaures Kali. Mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Kohle geschmolzen, erzeugen sie Schwefelnatrium, welches in Wasser löslich ist, mit Säuren Schwefelwasserstoff entwickelt, die Blei-Lösungen schwarz fällt, und nasses Silber schwarz färbt.

*Selen-Metalle.* Beim Glühen geben sie den Geruch nach Selen, oder in einer Röhre ein rothes Sublimat von Selen. Beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron und Kohle geben sie Selennatrium, mit rother Farbe in Wasser löslich, aus welcher Lösung sich das Selen an der Luft bald in schwarzrothen Rinden absetzt. Mit Salpeter geglüht, geben sie selensaures Kali (siehe selensaure Salze).

versetzt, Berlinerblau bildet, oder die bei Uebersättigung mit Salpetersäure den Geruch der Blausäure annimmt, und dann aus salpetersaurem Silber weifses, flockiges Cyansilber fällt.

*Schwefelsaure Salze.* Die löslichen geben mit Barytsalzen einen weifsen, in allen Säuren ganz unlöslichen Niederschlag. Eben so mit Bleisalzen, der aber nicht ganz so unlöslich ist und besonders von weinsaurem Ammoniak in grofser Menge gelöst wird. Die unlöslichen geben beim Glühen mit kohlensaurem Natron schwefelsaures Natron. Mit kohlensaurem Natron auf Kohle in der innern Löthrohrflamme stark geglüht, bilden sie Schwefelnatrium, welches nasses Silber schwärzt und mit Säuren Schwefelwasserstoff entwickelt.

*Dithionsaure Salze.* Sie entwickeln beim Glühen schweflige Säure und hinterlassen ein schwefelsaures Salz. Ihre Auflösung fällt nicht die Barytsalze; diefs geschieht, wenn Salpetersäure zugesetzt und gekocht wird.

*Schwefligsaure Salze.* Entwickeln mit Säuren den Geruch der schwefligen Säure, ohne Abscheidung von Schwefel. Mit Salzsäure und Schwefelwasserstoff-Wasser versetzt, scheidet sich weifser Schwefel aus.

*Dithionigsaure Salze.* Ihre Lösungen entwickeln mit Säuren schweflige Säure unter Fällung von Schwefel. Beim Glühen in einer Röhre geben sie ein Sublimat von Schwefel und hinterlassen ein Gemenge von schwefelsaurem Salz und Schwefelmetall. Mit salpetersaurem Silber geben sie einen weifsen Niederschlag, der bald schwarz wird.

*Selensaure u. selenigsaure Salze.* Zu Barytsalzen verhalten sich die selensauren Salze vollkommen wie die schwefelsauren. Vor'm Löthrohr auf der Kohle geben sie Selengeruch und Selenmetall. Durch Glühen mit kohlensaurem Natron entsteht selensaures Natron. Wird dieses mit Salmiak vermischt und erhitzt, so wird das Selen reducirt. Oder wird seine Lösung mit concentrirter Salzsäure gekocht, so wird die Selensäure, unter Chlorentwickelung, zu seleniger Säure reducirt und setzt dann nach Zumischung von schwefliger Säure rothes Selen ab. Die *selenigsauren Salze* geben vor'm Löthrohr Selengeruch, und durch schweflige Säure wird daraus unmittel-

bar Selen reducirt. Schwefelwasserstoff fällt aus der mit Salzsäure versetzten Lösung gelbes Schwefelselen.

*Tellursau u. tellurig saure Salz*

Ihre Lösung in concentrirter Salzsäure, mit schwefliger Säure vermischt, setzt beim Erhitzen Tellur als graues Pulver ab.

*Salpeter-saure Salz*

Auf glühender Kohle detoniren sie; die mit den fixen Alkalien hinterlassen dabei eine alkalische Masse. In einer Röhre mit Kupferspähnen und concentrirter Schwefelsäure vermischt, entwickeln sie beim Erwärmen rothe Dämpfe. Ihre Auflösung, mit einem Tropfen Indig-Lösung gefärbt und etwas Schwefelsäure vermischt, entfärbt sich beim Erhitzen. Eine Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul in concentrirter Schwefelsäure wird durch eine sehr geringe Menge eines salpetersauren Salzes violett, durch eine gröfsere Menge braunschwarz.

*Salpetrig saure Salz*

Sie entwickeln mit Säuren salpetrige Säure als rothen Dampf.

*Phosphor saure Salz*

Die löslichen geben mit salpetersaurem Silber einen gelben Niederschlag, leicht löslich sowohl in Salpetersäure als in Ammoniak. Nach dem Glühen geben sie mit dem Silbersalz einen weifsen Niederschlag. Mit kohlensaurem Ammoniak und dann mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurer Talkerde vermischt, geben sie einen weifsen, pulverigen Niederschlag, der in verdünnten Lösungen nicht sogleich oder erst beim Rühren entsteht. Die unlöslichen glüht man, zur Hervorbringung dieser Reactionen, mit kohlensaurem Natron, und zieht das phosphorsaure Natron mit Wasser aus. Oder man löst sie dazu in Salpetersäure auf und neutralisirt so viel wie möglich mit Ammoniak; oder man fällt sie aus dieser Lösung mit einigen Tropfen Ammoniak und tropft auf den Niederschlag salpetersaures Silber, wodurch er gelb wird. Manche werden schon unmittelbar mit salpetersaurem Silber gelb.

*Phosphorig saure und unterphosphorigsau Salze.*

Sie entwickeln beim Glühen Wasserstoffgas oder Phosphorwasserstoffgas und verwandeln sich in phosphorsaure. Die phosphorigsauren fällen das Kalkwasser, die unterphosphorigsauren fällen es nicht.

*Arsenik-*

In der inneren Löthrohrflamme mit kohlensaurem Na-

*saure Salze.* tron auf Kohle geglüht, geben sie starken Arsenikgeruch. Die löslichen geben mit salpetersaurem Silber einen röthlichbraunen Niederschlag, leicht löslich sowohl in Ammoniak als in Salpetersäure. Aus ihrer mit Salzsäure versetzten Lösung wird durch Schwefelwasserstoffgas erst nach langer Einwirkung gelbes Schwefelarsenik gefällt. Der Niederschlag entsteht sogleich, wenn man die Lösung zuvor mit schwefliger Säure versetzt und gekocht hat. Wird ihre neutrale Lösung mit Ammonium-Sulfhydrat vermischt, zum Sieden erhitzt, und dann mit Salzsäure versetzt, so wird gelbes Schwefelarsenik ausgeschieden. Die unlöslichen zersetzt man zuvor durch Glühen mit kohlensaurem Natron. Oder man zieht das Arsenik unmittelbar durch Schwefelammonium aus.

*Arsenigsaure Salze.* Mit kohlensaurem Natron in der inneren Löthrohrflamme geglüht, geben sie Arsenikgeruch. Beim Erhitzen in einer Röhre geben manche ein krystallinisches Sublimat von arseniger Säure, andere ein Sublimat von Arsenik, unter Zurücklassung von arseniksaurem Salz. Die löslichen geben mit salpetersaurem Silber einen gelben Niederschlag, löslich in Ammoniak und in Salpetersäure. Mit Schwefelwasserstoff geben sie auf Zusatz von Salzsäure sogleich einen gelben Niederschlag. Kupfer reducirt in ihrer sauren Lösung das Arsenik und bekommt dadurch einen weifsen, metallischen Ueberzug.

Giefst man zu einem Wasserstoffgas entwickelnden Gemenge von Zink und verdünnter Schwefelsäure eine Flüssigkeit, die Arseniksäure oder arsenige Säure enthält, so wird das sich entwickelnde Wasserstoffgas arsenikhaltig. Leitet man es durch eine enge Glasröhre, die an einer Stelle glühend erhalten wird, so scheidet sich neben derselben Arsenik als metallglänzender Spiegel ab. Oder zündet man es an und läfst seine Flamme gegen eine kalte Porzellanfläche brennen, so entstehen metallglänzende Flekken von Arsenik. Hält man über die Spitze der Flamme einen Wassertropfen, und mischt zu diesem nachher einen Tropfen einer ganz neutralen Lösung von salpetersaurem Sil-

Silber, so entsteht ein gelber Niederschlag von arsenigsaurem Silberoxyd.

*Antimonsaure Salz[e]* Vor'm Löthrohr mit kohlensaurem Natron in der inneren Flamme geschmolzen, geben sie reducirte Körner von Antimon und einen weifsen, geruchlosen Rauch. In Salpetersäure sind sie entweder ganz unlöslich, oder sie hinterlassen weifse Antimonsäure. Die Lösung derselben in Salzsäure wird durch Wasser weifs gefällt. Mit kohlensaurem Natron und Schwefel und etwas Kohlenpulver zusammengeschmolzen, bilden sie in Wasser lösliches Sulfantimoniat, aus dessen Lösung Säuren orangegelbes Schwefelantimon fällen.

*Antimonig saure Salz[e]* Vor'm Löthrohr wie die vorhergehenden. Ihre Lösung in Salzsäure wird durch Wasser gefällt. Diefs geschieht nicht, wenn vorher Weinsäure zugemischt wird. Schwefelwasserstoff fällt daraus orangerothes Schwefelantimon. Mit kohlensaurem Natron und Schwefel geschmolzen, verhalten sie sich wie die vorhergehenden. Zink entwickelt in der sauren Lösung antimonhaltiges Wasserstoffgas, welches sich vollkommen wie das Arsenikwasserstoffgas verhält. Das sich daraus absetzende Antimon ist aber schwärzer, zu Tröpfchen schmelzbar und weniger flüchtig, als das Arsenik; sein Dampf ist geruchlos, und das Wasser, welches man über die Flamme des Gases gehalten hat, gibt keine Reaction mit salpetersaurem Silber.

*Ueberchlor saure Salz[e]* Sie entwickeln beim Glühen in einer Röhre viel Sauerstoffgas und hinterlassen ein Chlormetall. Auf glühender Kohle detoniren sie; der Rückstand ist nie alkalisch. Von kalter concentrirter Schwefelsäure werden sie nicht zersetzt.

*Chlorsaur[e] Salze.* Beim Glühen und auf Kohle wie die überchlorsauren. Mit concentrirter Schwefelsäure detoniren sie oder färben sich gelb, unter Entwickelung eines gelben Gases von chlorartigem Geruch. Mit Salzsäure bilden sie eine tief gelbe Lösung und entwickeln Chlor; die Lösung entfärbt nicht allein Indig-Lösung, sondern auch Lackmus.

*Unterchlori[g] saure Salz[e]* Ihre Lösung bleicht die Indig- und die Lackmus-Lösung. Selbst mit schwachen Säuren entwickeln sie Chlorgas. Mit Alkali, und dann mit einem Manganoxydulsalz vermischt,

geben sie einen braunschwarzen Niederschlag von Mangansuperoxydhydrat. Mit kaustischem Ammoniak entwickeln sie Stickgas und den Geruch nach Chlorstickstoff.

*[B]rom- u. jod-[s]aure Salze.* Auf glühender Kohle und beim Erhitzen für sich wie die chlorsauren. Sie hinterlassen dabei ein Brom- oder Jod-Metall. Von Zinnchlorür und schwefliger Säure werden sie zu Brom- oder Jod-Metallen reducirt (s. diese).

*[K]ohlensaure Salze.* Mit Säuren brausen sie auf, indem sie Kohlensäuregas entwickeln, welches in Kalkwasser einen weiſsen Niederschlag bildet.

*Oxalsaure Salze.* Beim Glühen werden sie zersetzt, entwickeln Kohlensäure- oder Kohlenoxydgas, oder beide zugleich, und hinterlassen die Basis rein oder kohlensauer. Ihre Auflösungen geben in Kalksalzen, selbst in einer Gypslösung, einen weiſsen, in Salpetersäure löslichen, in Essigsäure unlöslichen Niederschlag. Mit Braunsteinpulver gemengt und mit Salpetersäure erwärmt, entwickeln sie Kohlensäuregas. Mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, entwickeln sie Kohlensäure- und Kohlenoxydgas.

*Borsaure Salze.* Vor'm Löthrohr schmelzen sie zu glasigen Perlen. In ihren concentrirten Lösungen bewirkt Schwefelsäure nach einiger Zeit die Ausscheidung von Borsäure in kleinen Krystallschuppen. Wird eine solche saure Lösung mit Alkohol vermischt und angezündet, so brennt dieser mit grün gesäumter Flamme. Die löslichen geben mit Baryt- und Kalksalzen weiſse Niederschläge, die bei Zugieſsung von vielem Wasser aufgelöst werden.

*Kieselsaure Salze.* Aus den Auflösungen der Kieselsäure in Kali und Natron fällt Salmiak gelatinöse Kieselsäure, unlöslich in Säuren. Mit salpetersaurem Kobaltoxyd geben sie einen schön blauen, mit salpetersaurem Silber einen gelben Niederschlag. Mit Salzsäure gesättigt, abgedampft und in Wasser wieder aufgelöst, hinterlassen sie pulverige Kieselsäure. Die unlöslichen, welche durch Salzsäure zersetzt werden, gelatiniren damit; die, welche nicht davon angegriffen werden, glüht man mit kohlensaurem Natron, worauf die Masse mit Salzsäure zersetzt wird und gelatinöse Kieselsäure abscheidet. Mit concentrirter Fluſssäure oder mit einem Gemenge von

Flufsspath und concentrirter Schwefelsäure entwickeln sie Fluorkieselgas.

*Wolframsaure Salz[e]* Die aufgelösten geben mit Säuren weifse Niederschläge, die zum Theil beim Kochen gelb werden und in überschüssiger Säure unlöslich sind. In Berührung mit Zink werden sie tief blau, zuletzt braun. Mit Schwefelammonium erhitzt, und dann eine Säure zugesetzt, geben sie einen braunen Niederschlag von Schwefelwolfram. Die unlöslichen hinterlassen beim Kochen mit Salpetersäure gelbe, pulverige Wolframsäure.

*Molybdänsaure Salz[e]* In nicht zu verdünnter Lösung geben sie mit Säuren einen weifsen Niederschlag, der in überschüssiger Säure löslich ist. Wird Zink in diese Lösung gestellt, so färbt sie sich blau, dann grün, zuletzt schwarz. Mit Kupfer digerirt, wird sie dunkelroth. Schwefelwasserstoff fällt daraus braunes Schwefelmolybdän, wobei jedoch die Flüssigkeit blau oder grün gefärbt bleibt.

*Chromsau[re] Salze.* Sie sind alle gefärbt. Vor dem Löthrohre geben sie mit den Flüssen in der inneren Flamme grüne Perlen. Die Auflösungen der neutralen Alkalisalze sind gelb gefärbt, durch Säuren werden sie rothgelb. Durch Zinnchlorür, durch Erhitzen mit Alkohol und Salzsäure, oder durch schweflige Säure bei Zusatz von Schwefelsäure, werden sie smaragdgrün. In Bleisalzen geben sie einen gelben, in Silbersalzen einen tief purpurrothen, in Quecksilberoxydulsalzen einen ziegelrothen Niederschlag. Letzterer gibt beim Glühen grünes Chromoxyd. Die unlöslichen geben beim Glühen mit kohlensaurem Natron chromsaures Natron, in Wasser mit intensiv gelber Farbe löslich.

*Vanadinsaure Salz[e]* Mit einer Säure vermischt, werden ihre Lösungen in Wasser gelb oder roth. Wird in die Auflösung des Kali- oder Natronsalzes Salmiak gestellt, so schlägt sich vanadinsaures Ammoniak als weifses Pulver nieder. An der Luft erhitzt, hinterläfst dasselbe schmelzbare Vanadinsäure als eine braunrothe, sehr krystallinische Masse. Mit Schwefelammonium erhitzt, bilden sie eine bierrothe Lösung, woraus Säuren braunes Vanadinsulfid fällen. Die Phosphorsalzperle wird von diesen Salzen in der äufseren Flamme gelb, in der inneren smaragdgrün.

*Titansaure Salze.* In kalter Salzsäure gelöst, verdünnt und gekocht, entsteht ein weifser Niederschlag von Titansäure. Von Gallusinfusion wird er orangegelb. Beim Glühen wird er gelb, beim Erkalten wieder weifs. Unlösliche titansaure Salze werden durch Glühen mit kohlensaurem Alkali in Salzsäure löslich. Durch hineingestelltes Zink wird diese Auflösung blau. Ein titansaures Salz mit Kohle in Chlorgas geglüht, gibt liquides, stark rauchendes Titanchlorid.

*Tantalsaure Salze.* Bei der Zersetzung mit Salzsäure oder Schwefelsäure hinterlassen sie weifse Tantalsäure; eben so beim glühenden Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali und Auflösen der Masse in Wasser.

Die Tantalsäure bleibt beim Glühen für sich und in Wasserstoffgas weifs. Die Pelopsäure ist während des Glühens schwach gelb, die Niobsäure stark gelb; durch Glühen in Wasserstoffgas werden beide schwarz. Tantal- und Pelopchlorid sind gelb, schmelzbar und flüchtig, das Niobchlorid ist weifs, nicht schmelzbar und weniger flüchtig.

*Uebermangansaure Salze.* Die Auflösungen derselben sind intensiv purpurroth. Durch Schwefelwasserstoff werden sie sogleich entfärbt, unter Fällung eines Gemenges von Schwefel und Schwefelmangan, eben so bei Zusatz von schwefliger Säure nach Zumischung von Schwefelsäure, unter Bildung von Manganoxydulsalz. Die Lösungen der *mangansauren Salze* haben eine grüne Farbe, die durch Säuren in die purpurrothe übergeht.

*Shwefelsalze.* Sie verhalten sich im Allgemeinen wie die Schwefelmetalle. Das Sulfid darin ist leicht an seinen Eigenschaften zu erkennen. Die *Sulfhydrate* der Alkalien, welche, wie die Schwefelbasen für sich, mit Säuren Schwefelwasserstoff entwickeln und die anderen Metallsalze fällen, unterscheiden sich von jenen dadurch, dafs sie beim Vermischen mit einem concentrirten neutralen Eisenoxydul- oder Zinnoxyd-Salz zugleich Schwefelwasserstoffgas entwickeln.

*Die die Basis der Salze charakterisirenden Reactionen siehe bei den Oxyden und Salzen der einzelnen Metalle.*

# Beispiele für die lateinische Nomenclatur der Verbindungen.

### Säuren.

Acidum sulfuricum, $\dddot{S}$, phosphoricum, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$, nitricum, $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$.
» sulfurosum, $\ddot{S}$, phosphorosum, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$, nitrosum, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$.
» hydrochloricum, $\bar{H}\bar{Cl}$, hydrocyanicum, $\bar{H}\bar{Cy}$.
Sulfidum hydricum, $\overset{\prime}{H}$, carbonicum, $\overset{\prime\prime}{C}$, stibicum, $\overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{\bar{Sb}}$.
Sulfidum stibiosum, $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{Sb}}$, arsenicosum, $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{As}}$.

### Oxyde.

Oxidum ferrosum, $\dot{Fe}$, ferricum, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{Fe}}$.
Oxidum hydrargyrosum, $\dot{\bar{Hg}}$, hydrargyricum, $\dot{Hg}$.
Bioxidum manganii, $\ddot{Mn}$, plumbi, $\ddot{Pb}$.

### Schwefel- und Phosphormetalle.

Sulfuretum ferrosum, $\overset{\prime}{Fe}$, ferricum, $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{Fe}}$, bisulfuretum, $\overset{\prime\prime}{Fe}$.
Phosphoretum calcii, Arsenietum cobalti.

### Verbindungen der Salzbilder.

Chloretum natricum, $Na\bar{Cl}$, Jodetum kalicum, $K\bar{I}$.
Brometum cuprosum, $\bar{Cu}Br$, cupricum, $Cu\bar{Br}$.
Fluoretum calcicum, $Ca\bar{F}$, Cyanetum argenticum, $Ag\bar{Cy}$.
Cyanetum ferroso-kalicum, $2K\bar{Cy} + Fe\bar{Cy}$.
Cyanetum ferrico-kalicum, $3K\bar{Cy} + \bar{Fe}\bar{Cy}^3$.

### Sauerstoffsalze.

Sulfas kalicus, $\dot{K}\dddot{S}$, Bisulfas natricus, $\dot{Na}\dddot{S}^2$.
Sulfas ferrosus, $\dot{Fe}\dddot{S}$, ferricus, $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{Fe}}\dddot{S}^3$.
Sulfas kalico-aluminicus, $\dot{K}\dddot{S} + \overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{Al}}\dddot{S}^3 + 24\dot{\bar{H}}$.
Phosphas calcicus, $\dot{Ca}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$, Oxalas argenticus, $\dot{Ag}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\bar{C}}$.
Nitras hydrargyrosus, $\dot{\bar{Hg}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$, hydrargyricus, $\dot{Hg}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$.
Carbonas kalicus, $\dot{K}\ddot{C}$, Bicarbonas, $\dot{K}\ddot{C}^2$.

# Grundrifs

der

# CHEMIE

von

**Dr. F. Wöhler.**

---

ZWEITER THEIL.

## Organische Chemie.

Dritte, umgearbeitete Auflage.

---

**Berlin,**
Verlag von Duncker und Humblot.

1844.

# Grundrifs

der

# ORGANISCHEN CHEMIE

von

**Dr. F. Wöhler.**

3

Dritte, umgearbeitete Auflage.

**Berlin,**
Verlag von Duncker und Humblot.

1844.

# Inhalt.

## IV. Producte von der Gährung des Zuckers.

# CHEMIE
# DER ORGANISCHEN VERBINDUNGEN.

Unter organischen Stoffen versteht man sowohl diejenigen Verbindungen, welche durch die Lebensprocesse der Thiere und Pflanzen erzeugt werden und die Bestandtheile des lebenden Thier- und Pflanzen-Körpers ausmachen, als auch diejenigen, welche aus diesen natürlich vorkommenden Pflanzen- und Thierstoffen durch Umsetzung der Elemente auf sogenanntem künstlichen Wege hervorgebracht werden, und noch die Zusammensetzungsweise der ersteren haben.

Die Elemente, woraus die sämmtlichen, natürlich vorkommenden organischen Körper bestehen, sind: *Kohlenstoff*, *Wasserstoff*, *Sauerstoff* und *Stickstoff*. Ein grofser Theil der organischen Körper ist nur aus den 3 ersteren Elementen zusammengesetzt; andere enthalten alle 4 Elemente; nur wenige bestehen blofs aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Es giebt keinen organischen Körper ohne Kohlenstoff, und stets ist er darin zu mehr als einem Atom enthalten.

Diese allgemeine Zusammensetzungsweise bedingt die generische Aehnlichkeit in den Eigenschaften und dem chemischen Verhalten aller organischen Körper. Ihr allgemeiner chemischer Character ist ihre leichte Zersetzbarkeit, ihre grofse Neigung, unter dem Einflufs der Lebenskraft, der Wärme, der starken Säuren und Basen, der Salzbilder etc., ihre Elemente nach anderen Proportionen umzu-

setzen. Die Anzahl der organischen Verbindungen kann daher unendlich grofs sein.

Bei dieser Zersetzung der organischen Körper durch den Einflufs anderer Reagentien geschieht es oft, dafs der einwirkende Körper in die Zusammensetzung der entstehenden Producte aufgenommen wird, so dafs dadurch nach Art der organischen Körper zusammengesetzte Verbindungen entstehen, in welchen der Sauerstoff durch ein der organischen Natur nicht gewöhnlich angehörendes Element, z. B. Chlor, Schwefel etc., vertreten werden kann.

Man kann daher die organischen Körper als die Oxyde von gewissen zusammengesetzten Radicalen betrachten, welche sich, gleich dem Cyan und Ammonium, sowohl unter einander, als auch mit den übrigen Körpern vereinigen können.

Durch den Einflufs von Wärme und anderen Reactionen verwandeln sich gewöhnlich die Verbindungen eines gewissen Radicals in Zusammensetzungen von verändertem Radical. Ob diese Radicale oder zusammengesetzten Elemente, gleich dem Cyan, isolirbar sind, ist noch ungewifs.

Die organischen Oxyde, welche bis jetzt die bei weitem gröfsere Anzahl der organischen Körper ausmachen, sind, gleich den unorganischen, entweder Säuren oder Basen, und vereinigen sich, nach den gewöhnlichen Atom-Verhältnissen, sowohl unter sich, als auch mit unorganischen Basen und Säuren.

Die Elementar-Zusammensetzung der organischen Körper ist mit grofser Genauigkeit bestimmbar. Die Analyse der gewöhnlichen, der Oxyde, beruht darauf, dafs der Kohlenstoff zu Kohlensäure und der Wasserstoff zu Wasser oxydirt, und aus der Quantität dieser Verbrennungsproducte die des Kohlenstoffs und Wasserstoffs berechnet werden. Der Stickstoff wird dabei als Stickgas erhalten und gemessen, oder er wird durch eine besondere Operation in Ammoniak verwandelt und gewogen. Der Sauerstoff wird aus dem Verlust indirect bestimmt.

Die gewöhnlichste Methode, wie diese Analysen ausgeführt werden, besteht darin, dafs man den zu analysirenden Körper, genau abgewogen, mit einem grofsen Ueber-

schufs von Kupferoxyd mengt, und nach der sorgfältigsten Entfernung aller Feuchtigkeit, der Glühhitze aussetzt in einem Apparat, welcher eine vollständige Aufsammlung und quantitative Bestimmung der gebildeten Kohlensäure, des Wassers und des Stickgases gestattet. Die Verwandlung des Stickstoffs in Ammoniak geschieht dadurch, dafs der Körper mit einem grofsen Ueberschufs eines trocknen Gemenges von Natron- und Kalkhydrat vermischt und geglüht wird. Das gebildete Ammoniak wird in Salzsäure aufgefangen und als Chlorplatinammonium gewogen.

Als Beispiel der Berechnung einer solchen Analyse möge die der Essigsäure dienen.*)

100 Theile reiner liquider Essigsäure geben bei der Verbrennung:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 146,65 | Kohlensäure | = | 40,04 | *Kohlenstoff* |
| 59,96 | Wasser | = | 6,65 | *Wasserstoff* |
| | Verlust | = | 53,31 | *Sauerstoff* |
| | | = | 100,00. | |

Hierdurch hat man also die procentische Zusammensetzung der Essigsäure erfahren; allein es läfst sich hieraus nicht eher ein Schlufs auf die Anzahl der darin enthaltenen einfachen Atome ziehen, als bis man weifs, was 1 Atom Essigsäure wiegt. Dieses findet man, wenn man die Säure in bestimmter Proportion mit einer unorganischen Basis vereinigt und die Verbindung analysirt. Die Gewichtsmenge, welche dann mit dem Gewicht von 1 Atom der Base verbunden war, ist das Atomgewicht der Säure, oder in manchen Fällen ein Multiplum oder Submultiplum davon, immer aber so beschaffen, dafs wenn die Analysen in jeder Beziehung gehörig genau ausgeführt sind, die Atomen-Anzahl eines jeden der Bestandtheile erhalten wird, wenn man seine gefundene Atomgewichtsmenge mit dem Atomgewicht eines jeden Elementes dividirt.

Wird die Essigsäure mit einer Basis, z. B. Bleioxyd, vereinigt, so scheiden sich von 100 Th. Säure 14,99 Th. Wasser ab, an dessen Stelle Bleioxyd tritt. Die liquide

*) Kohlenstoff-Atom = 75,12.

Essigsäure enthält also einen Theil des gefundenen Wasserstoffs und Sauerstoffs als Wasser. Der Sauerstoff dieses Wassers ist $=13{,}33$ oder $\frac{1}{4}$ vom ganzen Sauerstoffgehalt der Essigsäure.

In 100 Th. des wohlgetrockneten essigsauren Bleioxyds findet man 68,61 Th. Bleioxyd und 31,39 wasserfreie Essigsäure. Das gesuchte Atomgewicht der letzteren bekommt man durch die Proportion $68{,}61:31{,}39=1394{,}5$ (Atomgewicht des Bleioxyds): $x=637{,}919$.

Durch die Analyse mit Kupferoxyd findet man ferner in diesem Bleisalz:

| | | |
|---|---|---|
| Bleioxyd | — | 68,61 |
| Kohlenstoff | — | 14,79 |
| Wasserstoff | — | 1,84 |
| Sauerstoff | — | 14,76 |
| | | 100,00. |

Hieraus findet man die absolute Atomen-Anzahl der Elemente der Essigsäure dadurch, dafs man berechnet, wieviel Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in der Summe der Atomzahlen aller Elemente, das heifst in dem vorher bestimmten Atomgewicht enthalten ist:

31,39 Th. Essigsäure (in dem Bleisalz) enthalten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14,79 Kohlenstoff, | also enthalten | 637,919 | Theile | =300,48 C. |
| 1,84 Wasserstoff, | — — | 637,919 | — | = 37,44 H. |
| 14,76 Sauerstoff, | — — | 637,919 | — | =300,00 O. |
| | | | | 643,18. |

300,48 ist die Summe der Atome des Kohlenstoffs in 1 Atomgewicht wasserfreier Essigsäure. Mit dem Atomgewicht des Kohlenstoffs dividirt, giebt die Anzahl der Kohlenstoffatome; und eben so die übrigen Elemente.

$$\frac{300{,}48}{75{,}12}=4 \text{ At. Kohlenstoff.}$$

$$\frac{37{,}44}{12{,}48}=3 \text{ Aeq. Wasserstoff.}$$

$$\frac{300{,}00}{100{,}00}=3 \text{ At. Sauerstoff.}$$

Die Zusammensetzung der wasserfreien Essigsäure wird also durch die Formel $C^4\,H^3\,O^3$ ausgedrückt, die des Blei-

salzes durch $\dot{Pb} + C^4 \bar{H}^3 O^3$, und die der liquiden wasserhaltigen Säure durch $\dot{\bar{H}} + C^4 \bar{H}^3 O^3$; denn da der Sauerstoff des Wassers in letzterer gleich ist dem Sauerstoff des Bleioxyds in dem Bleisalz, und das Bleioxyd $=1$ Atom ist, so müssen die 14,99 Proc. Wasser ebenfalls 1 Atom ausmachen. Die Wassermenge in der liquiden Säure ist also ein Aequivalent von der Bleioxydmenge im Bleisalz, oder ihre Quantitäten verhalten sich zu einander wie ihre Atomgewichte.

Es kommen Fälle vor, wo sich das Atomgewicht eines organischen Körpers nicht durch Vereinigung mit einem unorganischen bestimmen läfst. Man kann dann zwar durch Berechnung aus dem procentischen Resultat eine wahrscheinliche Berechnung der relativen Atomen-Anzahl aufstellen; allein sie bleibt dann immer unsicher.

---

Die organischen Stoffe werden, nach ihrem Vorkommen, in *Pflanzen*- und in *Thier-Stoffe* eingetheilt. Eine rationelle Classification nach ihrer Zusammensetzung ist gegenwärtig noch nicht consequent durchzuführen.

## PFLANZENSTOFFE.

In dem Folgenden sind sie, ohne Rücksicht auf ihre Zusammensetzung, nach folgenden empirischen Haupt-Gruppen abgehandelt:

I. *Säuren.* II. *Basen.* III. *Indifferente Stoffe.* *) IV. *Producte von der Gährung des Zuckers.* V. *Producte von der Zersetzung in höherer Temperatur.*

---

*) Hierunter sind alle diejenigen organischen Stoffe verstanden, die nicht entschieden sauer oder basisch reagiren, wiewohl sie fast alle die Fähigkeit besitzen, sich mit unorganischen Oxyden zu verbinden.

# I. SÄUREN.

Mehrere Pflanzensäuren kommen im Pflanzenreich sehr allgemein vor, theils frei, theils gebunden an Basen; andere sind nur gewissen Geschlechtern eigenthümlich. Sie haben im Allgemeinen alle Eigenschaften der Säuren mit einfachem Radical und befolgen dieselben Verbindungsgesetze wie diese. Keine der natürlich vorkommenden Pflanzensäuren enthält Stickstoff. Alle enthalten basisches Wasser gebunden, was in den meisten Fällen nur durch Vereinigung der Säure mit anderen Basen abscheidbar ist.

## 1. Weinsäure.

*Vorkommen.* Vorzüglich im Safte der Trauben. Der aus jungem Wein sich absetzende *Weinstein* ist zweifach weinsaures Kali.

*Darstellung.* Gereinigter Weinstein wird als feines Pulver mit $\frac{1}{4}$ seines Gewichts fein geriebener Kreide vermischt und das Gemenge nach und nach in kleinen Antheilen in siedendes Wasser geschüttet, wobei er zerlegt wird in neutrales weinsaures Kali, welches aufgelöst bleibt, und in weinsaure Kalkerde, die sich als ein weißes, unlösliches Pulver abscheidet. Durch Chlorcalcium-Lösung wird seinerseits das entstandene neutrale Kalisalz in Chlorkalium und in weinsaure Kalkerde verwandelt. Aus dem erhaltenen Kalksalz wird durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure die Weinsäure abgeschieden, dann filtrirt und krystallisirt *).

*Eigenschaften.* Krystallisirt in wasserhellen schiefen rhombischen Prismen von stark saurem Geschmack, in Was-

*) 1 Th. concentrirte Schwefelsäure auf $2\frac{1}{2}$ Th. trocknen weinsauren Kalk.

ser leicht löslich. Sie ist $\dot{H}\bar{T}$, enthält also 1 Atom basisches Wasser, $=11{,}93$ Procent.

Im wasserfreien Zustande besteht die Weinsäure aus

| | | In 100 Theilen: |
|---|---|---|
| 4 Atomen Kohlenstoff | $=300{,}48$ | 36,403 |
| 2 Aequival. Wasserstoff | $=\ 24{,}96$ | 3,024 |
| 5 Atomen Sauerstoff | $=500{,}00$ | 60,573 |
| $C^4H^2O^5$ oder $\bar{T}$ *) | $=825{,}44$ | 100,00. |

*Zersetzungen.* Bis zu 200° erhitzt, schmilzt sie, verliert stufenweise verschiedene Bruchtheile von ihrem Wassergehalt, zuletzt den ganzen, und ist nun eine weifse, in Wasser unlösliche Masse, die sich in Berührung mit Wasser oder Basen nach und nach wieder in Weinsäure verwandelt. Noch weiter erhitzt erzeugt sich daraus, aufser Brenztraubensäure und anderen Producten, die sublimirbare *Brenzweinsäure*, $=\dot{H}+C^6H^3O^5$. An offener Luft erhitzt verbreitet die Weinsäure, so wie ihre Salze, den Geruch nach gebranntem Zucker.

## Weinsaure Salze.

*Weinsaures Kali. Neutrales,* $\dot{K}\bar{T}$, krystallisirbar, leicht löslich, Säuren fällen aus seiner Lösung das folgende saure Salz. *Zweifach,* $\dot{K}\bar{T}+\dot{H}\bar{T}$ (Weinstein, Tartarus). Setzt sich im unreinen Zustand in grauen oder schmutzig rothen Krusten in den Fässern aus dem Wein ab. Das reine Salz bildet weifse, durchscheinende, schwach säuerlich schmeckende, sehr schwer lösliche Krystalle. Wird bei Zusatz von überschüssiger Weinsäure aus den concentrirten Lösungen fast aller Kalisalze als weifses Krystallpulver niedergeschlagen.

*Weinsaures Natron,* neutrales und saures, beide krystallisirbar, letzteres viel leichter löslich als der Weinstein.

---

*) Auf diese Weise pflegt man das Atom der Pflanzensäuren zu bezeichnen, nämlich durch den Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens mit einem horizontalen Strich darüber.

*Weinsaures Kali-Natron*, $\dot{K}\overline{T} + \dot{Na}\overline{T} + 10\dot{H}$. Entsteht durch Sättigen von Weinstein mit kohlensaurem Natron. Sehr grofs krystallisirend, leicht löslich, luftbeständig.

*Weinsaures Kali-Ammoniak*, $\dot{N}H^4\overline{T} + \dot{K}\overline{T}$. Durch Sättigen von Weinstein mit Ammoniak. Krystallisirbar, leicht löslich, verwitternd.

*Weinsaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\overline{T} + 4\dot{H}$. Weifses Pulver, in Wasser kaum löslich. Setzt sich aus einem Gemische von Kalkwasser mit überschüssiger Weinsäure in glänzenden Krystallen ab.

*Weinsaures Eisenoxydul*, $\dot{Fe}\overline{T}$, weifs, pulverig, höchst schwer löslich. Aehnlich das Kali-Doppelsalz, erhalten durch Kochen von Weinstein mit Wasser und Eisen. Das *Eisenoxydsalz*, $\ddot{Fe}\overline{T}^3$, ist braun, leichtlöslich. Sein Kali-Doppelsalz ist grünbraun, gummiartig, leicht löslich. Alkalien fällen daraus kein Eisenoxyd.

*Weinsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\overline{T}$. In Wasser unlösliches, weifses, krystallinisches Pulver.

*Weinsaures Silberoxyd*, $\dot{Ag}\overline{T}$. Eben so.

*Weinsaures Kali-Antimonoxyd*, $\dot{K}\overline{T} + \ddot{Sb}\overline{T} + 2\dot{H}$. Brechweinstein, Tartarus emeticus. Wird durch Kochen von Wasser mit Weinstein und Antimonoxyd bereitet. Krystallisirt aus der filtrirten Auflösung in glänzenden, octaëdrischen Krystallen, die leicht verwittern. In 14 Th. kalten, in 2 Th. siedenden Wassers löslich. Säuren fällen aus seiner Lösung unlösliche Antimonoxyd-Verbindungen; von Alkalien wird sie wenig oder nicht gefällt. Bis zu 190° erhitzt, verliert das wasserfreie Salz ohne zu schmelzen noch 2 At. Wasser, gebildet aus den Elementen der Säure, die sich nachher in Berührung mit Wasser regenerirt.

### 2. Traubensäure.

*Vorkommen.* Im Traubensaft an Kali gebunden, jedoch weniger allgemein und in geringerer Menge als die Weinsäure.

*Eigenschaften.* Wasserklare, stark sauer schmeckende Krystalle, von anderer Form als die der Weinsäure. Enthält 2 At. Wasser, wovon die Hälfte beim Erwärmen entweicht. Die verwitterte Säure hat absolut dieselbe Zusammensetzung wie die krystallisirte Weinsäure; in ihren Salzen, ungeachtet der Verschiedenheit ihrer Krystallformen und anderen Eigenschaften, ist die Basis genau mit derselben Anzahl von Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen verbunden, wie in den entsprechenden weinsauren Salzen. Beide Säuren haben also gleiches Atomgewicht.

*Zersetzungen.* Analog denen der Weinsäure; bei der Destillation erzeugt sich daraus eine andere, nicht krystallisirbare Säure, die *Brenztraubensäure.*

In concentrirten Lösungen von Kalisalzen bewirkt die Traubensäure denselben krystallinischen Niederschlag wie die Weinsäure. Mit überschüssigem Kalkwasser entsteht ein Niederschlag, der in Salmiaklösung unlöslich ist. Der von Weinsäure ist darin leicht löslich.

### 3. Citronensäure.

*Vorkommen.* Vorzüglich im Safte der Citronen, im freien Zustand; ferner in den Johannis- und Stachelbeeren und mehreren anderen Früchten.

*Darstellung.* Durch Kochen mit Eiweiſs geklärter und filtrirter Citronensaft wird mit gepulverter Kreide gesättigt, die unlöslich abgeschiedene citronensaure Kalkerde abfiltrirt, gewaschen und durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt. Durch unmittelbare Abdampfung des Citronensaftes ist die Säure, wegen anderer Beimischungen nicht krystallisirt zu erhalten.

*Eigenschaften.* Farblose, durchsichtige rhombische Prismen von stark und angenehm saurem Geschmack; in Wasser leicht löslich.

In den neutralen citronensauren Salzen ist 1 At. Basis mit 4 At. Kohlenstoff, 2 Aeq. Wasserstoff und 4 At. Sauerstoff verbunden, die Citronensäure ist also $C^4 \bar{H}^2 O^4 = \bar{C}$ $= 725,44$.

Die aus einer bei $+100^{\circ}$ gesättigten Auflösung krystallisirende Säure ist $=\dot{H}+C^4H^2O^4$, also neutrales Citrat von Wasser; diese Krystalle verwittern nicht; bei etwas über 100° sind sie ohne Zersetzung schmelzbar; nur durch andere Basen kann das basische Wasseratom $=13\frac{1}{3}$ Proc. abgeschieden werden.

Die bei gewöhnlicher Temperatur gebildeten Krystalle, verschieden in der Form von den vorhergehenden, sind $=4\dot{H}+3C^4H^2O^4$ oder ein Doppelsalz von 2 At. neutralem mit 1 At. basischem Wasser-Citrat $=2(\dot{H}C^4H^2O^4)+(\dot{H}^2C^4H^2O^4)$. Beim Erwärmen verwittern diese Krystalle unter Verlust des halben Wassergehalts $=8\frac{1}{2}$ Proc.; diese verwitterte Säure ist dann $2\dot{H}+3C^4H^2O^4$ oder das Sesquicitrat von Wasser.

*Zersetzungen.* Siehe Aconitsäure.

### Citronensaure Salze.

Wasserfreie citronensaure Salze bis zu 190° erhitzt, geben $\frac{1}{3}$ Atomgewicht Wasser ab, gebildet von den Elementen der Säure, von welcher dadurch ein Theil in Aconitsäure verwandelt wird, so z. B. das in grofsen Krystallen anschiefsende *Natronsalz*, von welchem 3 Atome bei 190° in $2\dot{Na}C^4H^2O^4+\dot{Na}C^4HO^3$ verwandelt werden. In Berührung mit Wasser wird die Citronensäure regenerirt. Das durch Fällung entstehende weifse, unlösliche *Silbersalz* erleidet diese Verwandlung schon bei gewöhnlicher Temperatur.

Freie Citronensäure wird durch überschüssiges Kalkwasser nicht gefällt. Mit Chlorcalcium und Ammoniak entsteht ein Niederschlag.

### 4. Aconitsäure.

*Vorkommen.* An Kalkerde gebunden in Aconitum Napellus und in Equisetum fluviatile.

*Bildung.* Durch Zersetzung der Citronensäure in höherer Temperatur. Citronensäure, in einer Retorte erhitzt,

schmilzt zuerst unter Verlust von Wasser. Bei gesteigerter Hitze wird sie dann zerlegt in Kohlenoxydgas, Kohlensäuregas und Aceton, die sich verflüchtigen, und in Aconitsäure, die zurückbleibt. Man unterbricht die Destillation, sobald ölartige Streifen von Itaconsäure überzugehen anfangen. Aus dem Rückstande wird die Aconitsäure, zur Trennung von noch unzersetzter Citronensäure, durch Aether ausgezogen.

*Eigenschaften.* Farblose, körnig krystallinische, nicht deutlich krystallisirbare Masse; luftbeständig, von saurem Geschmack, ohne Geruch, in Wasser sehr leicht löslich. — Eine Auflösung von aconitsaurem Natron mit Chlorcalcium vermischt und durch Abdampfen concentrirt, setzt aconitsauren Kalk in farblosen, schwerlöslichen Prismen ab.

*Zusammensetzung.* $= \dot{H} + C^4 H O^3$.

*Zersetzungen.* Bis zum Schmelzen erhitzt, zersetzt sie sich in Kohlensäure und *Itaconsäure* $= \dot{H} C^5 H^2 O^3$, die als ein ölartiges, nachher krystallinisch erstarrendes Liquidum überdestillirt. Aus 3 At. Aconitsäure entstehen 2 At. Kohlensäure und 2 At. Itaconsäure. Diese Säure, sonst Brenzcitronensäure genannt, ist in Wasser löslich und daraus krystallisirbar. Wird die krystallisirte Säure von Neuem destillirt, so verwandelt sie sich, unter Abscheidung von Wasser, in die mit ihr isomerische *Citraconsäure* $= C^5 H^2 O^3$, die, nebst Wasser, als ein öliges, saures, in Wasser schwer lösliches Liquidum übergeht. An der Luft zieht sie Wasser an und krystallisirt zu $\dot{H} + C^5 H^2 O^3$, die andere Eigenschaften als die wasserhaltige Itaconsäure hat und mit den Basen anders beschaffene Salze bildet.

### 5. Aepfelsäure.

*Vorkommen.* In den sauren Aepfeln, in den Vogelbeeren, in den Johannis- und Stachelbeeren und vielen anderen Frucht- und Pflanzen-Säften.

*Darstellung.* Der Saft unreifer Vogelbeeren wird mit Eiweifs vermischt, gekocht, filtrirt und so lange mit aufgelöstem essigsauren Bleioxyd vermischt, als noch ein Nie-

derschlag entsteht. Dieses unreine äpfelsaure Bleioxyd verwandelt sich nach etwa 24 Stunden in Gruppen von Krystallen; man spült es ab, kocht es mit verdünnter Schwefelsäure, sättigt die vom entstandenen schwefelsauren Blei abfiltrirte, noch unreine Aepfelsäure halb mit Ammoniak und läfst das gebildete saure Salz wiederholt krystallisiren. Aus dem so gereinigten Salz wird wieder durch Bleisalz reines äpfelsaures Bleioxyd gefällt, und aus diesem nach dem Auswaschen durch verdünnte Schwefelsäure oder durch Schwefelwasserstoff die Säure abgeschieden.

*Eigenschaften.* Krystallisirbar, jedoch nur schwierig, an der Luft zerfliefslich, sehr sauer schmeckend. Bei 130° unzersetzt schmelzbar.

Die Aepfelsäure hat dieselbe procentische und dieselbe Atom-Zusammensetzung wie die Citronensäure, $= C^4 H^2 O^4 = \bar{M}$. Die krystallisirte Säure ist $= \dot{H} + C^4 H^2 O^4$.

*Zersetzungen.* Bei +176° zerfällt sie gerade auf in Wasser und 2 andere Säuren, die Maleïnsäure, welche sich sublimirt, und die Paramaleïnsäure, die in der Retorte zurückbleibt.

Die *Maleïnsäure*, $C^4 H O^3$, also Aepfelsäure minus den Elementen von 1 At. Wasser, bildet farblose, sauer schmeckende Krystalle, ist in Wasser leicht löslich. Die Krystalle sind $= \dot{H} + C^4 H O^3$, also isomerisch oder gleich zusammengesetzt mit wasserfreier Aepfelsäure und Citronensäure, so wie mit wasserhaltiger Aconitsäure, von der sie aber bestimmt verschieden ist.

Die *Paramaleïnsäure* (Fumarsäure), isomerisch mit der vorigen, wird leicht erhalten durch längeres Schmelzen der Aepfelsäure, kommt in *Fumaria officinalis*, in *Glaucium luteum* und im Isländischen Moos natürlich vor, ist grofs krystallisirbar, schmeckt sauer, verflüchtigt sich unzersetzt bei 200°, ist in 200 Th. Wassers löslich. — Die Silbersalze dieser beiden Säuren sind weifse, in Wasser ganz unlösliche Niederschläge.

Die Aepfelsäure wird nicht durch Kalkwasser gefällt, auch nicht durch Chlorcalcium und Ammoniak.

### Aepfelsaure Salze.

Die *neutralen äpfelsauren Alkalien* sind zerfliefslich, schwierig krystallisirbar. Das *saure Ammoniaksalz* ist gut krystallisirbar, luftbeständig.

*Aepfelsaure Kalkerde*, $\dot{Ca}\bar{M}+\dot{H}$, ist ein schwer lösliches krystallinisches Pulver. Das *saure Salz*, $\dot{Ca}\bar{M}+\dot{H}\bar{M}+6\dot{H}$, bildet grofse, durchsichtige, in kaltem Wasser schwer, in heifsem leicht lösliche Krystalle. Diese Eigenschaften der Kalksalze benutzt man zu einer vortheilhaften Darstellung der Aepfelsäure. Man sättigt den filtrirten Vogelbeersaft mit Kalkmilch, so dafs er noch schwach sauer bleibt, und erhitzt dann bis zum Sieden, wobei sich das neutrale Salz abscheidet. Die abgegossene Flüssigkeit wird von Neuem mit Kalkmilch versetzt und abermals gekocht. Alles gefällte Salz wird mit kaltem Wasser gewaschen und in siedendheifser, mit 10 Th. Wasser verdünnter Salpetersäure bis zur Sättigung aufgelöst. Beim Erkalten krystallisirt daraus das saure Salz, das nachher durch essigsaures Bleioxyd in Bleisalz verwandelt wird.

*Aepfelsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\bar{M}+3\dot{H}$, bildet einen weifsen, geronnenen Niederschlag, der sich nach einiger Zeit unter der Flüssigkeit in glänzende Krystallnadeln verwandelt. Schmilzt in siedendem Wasser wie ein Harz; nur wenig löslich.

## 6. Chinasäure.

*Vorkommen.* In der Chinarinde, gebunden an Kalkerde.

*Eigenschaften.* Wasserklare, luftbeständige Krystalle von saurem Geschmack, in Wasser leicht löslich. Sie sind $=\dot{H}+C^7H^5O^5$. — Die meisten chinasauren Salze, selbst das Kalk-, Blei- und Silber-Salz, sind in Wasser leicht löslich.

Wird Chinasäure mit Mangansuperoxyd und Schwefelsäure vermischt und erwärmt, so entsteht daraus, unter anderen Zersetzungsproducten, das *Chinoyl*, ein in langen, goldgelben Prismen sich sublimirender Körper von einem

sehr reizenden Geruch, $=C^{15}H^{5}O^{5}$. Durch schweflige Säure, Wasserstoff im Ausscheidungszustand etc. wird das Chinoyl in $C^{15}H^{7}O^{5}$ verwandelt, einen farblosen, sublimirbaren, krystallisirenden, in Wasser leicht löslichen Körper. Wird die Lösung dieses letzteren mit einer Chinoyllösung vermischt, so vereinigen sich beide zu einem neuen Körper, der sich sogleich in Krystallen von prachtvollem grünem Metallglanz ausscheidet. Er ist $=C^{15}H^{6}O^{5}$. Er entsteht auch, wenn $C^{15}H^{7}O^{5}$ oxydirenden Einflüssen, wie Chlor, Eisenchlorid etc. ausgesetzt wird. Er ist in Alkohol mit gelbrother Farbe löslich. Beim Erwärmen theilt er sich in Chinoyl und in $C^{15}H^{7}O^{5}$.

### 7. Bernsteinsäure.

*Vorkommen.* Im Bernstein. Erzeugt kann sie werden durch Einwirkung von Salpetersäure auf Stearinsäure oder auf Wallrath.

*Darstellung.* Durch Schmelzen des Bernsteins in einer Retorte, wobei sich die Säure theils sublimirt, theils in Wasser aufgelöst überdestillirt.

*Eigenschaften.* Weifse, durchscheinende Krystalle, von saurem Geschmack, ohne Geruch; schmilzt in der Wärme und sublimirt sich in Krystallen, indem sie dabei, je nach der Temperatur, ihren halben oder ganzen Gehalt an basischem Wasser verliert. Ist entzündbar und verbrennt mit blauer Flamme. In kaltem Wasser schwer löslich. Die aus Wasser krystallisirte Säure ist $=\dot{H}+C^{4}H^{2}O^{3}$.

### 8. Benzoësäure.

*Vorkommen.* Vorzüglich in der Benzoë, zuweilen im Harn der Pferde.

*Darstellung.* Durch Schmelzen der Benzoë, am besten in einer mit Löschpapier überbundenen Schaale, auf die eine Papiertute gestellt wird, in welcher sich der Dampf der verflüchtigten Säure zu Krystallnadeln condensirt. Zweckmäfsiger durch Kochen des gepulverten Harzes mit Kalkhydrat, Filtriren und Concentriren der entstandenen Auflösung

von benzoësaurem Kalk, und Zersetzung desselben durch Salzsäure, wobei die Benzoësäure krystallinisch ausgeschieden wird.

*Eigenschaften.* Glänzend weifse, lange, sehr dünne, etwas biegsame Nadeln und Blättchen; ohne Geruch, schmeckt schwach; schmilzt beim Erwärmen, erstarrt beim Erkalten krystallinisch; entzündbar und mit leuchtender Flamme verbrennend. Unzersetzt sublimirbar. In kaltem Wasser nur in sehr geringer Menge löslich.

Die krystallisirte Benzoësäure ist $=\dot{H}+C^{14}H^{5}O^{3}$. Atomgewicht der wasserfreien $=1414{,}07=\bar{B}z$.

Das *Silbersalz* ist in kaltem Wasser sehr schwerlöslich, aus heifsem krystallisirbar.

Ihre Bildung aus Bittermandelöl siehe bei diesem.

*Zersetzungen.* 1. Benzoëschwefelsäure. $C^{14}H^{4}O^{2}+2\dot{H}\dddot{S}$. Entsteht, wenn man zu krystallisirter Benzoësäure den Dampf von wasserfreier Schwefelsäure leitet, wobei aus der Benzoësäure 2 Atome Wasser ausgeschieden werden. — Krystallinische, farblosé, zerfliefsliche, stark saure Masse, bildet mit Basen ohne Zersetzung eigene Salze. Das neutrale, leichtlösliche Barytsalz ist $=C^{14}H^{4}O^{2}+2\dot{B}a\dddot{S}$, das saure, schwerlösliche, gut krystallisirende Barytsalz ist $=C^{14}H^{4}O^{2}+\dot{H}\dot{B}a\dddot{S}^{2}$.

2. Benzoësalpetersäure. $C^{14}H^{4}O^{2}+\dot{H}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$. Entsteht durch Einwirkung von concentrirter heifser Salpetersäure auf Benzoësäure. Aus der Auflösung krystallisirt beim Erkalten die neue Säure in feinen Nadeln und Blättchen, ganz ähnlich der Benzoësäure, mit der sie auch im Uebrigen grofse Aehnlichkeit hat. Ihr schwerlösliches, krystallisirbares Silbersalz ist $=C^{14}H^{4}O^{2}+\dot{A}g\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$.

3. Benzol (Benzin). Krystallisirte Benzoësäure, mit überschüssigem Kalkhydrat destillirt, zerfällt gerade auf in Kohlensäure und in einen ölartigen Kohlenwasserstoff, das Benzol, welches überdestillirt. Es ist eine farblose Flüssigkeit, angenehm riechend, mit Wasser nicht mischbar. 0,85 spec. Gewicht, +86° Siedepunkt, bei 0° fest, kry-

stallinisch. Mit leuchtender Flamme brennbar. Zusammensetzung $=C^{12}H^{6}$. Verbindet sich mit Chlor zu einem krystallisirbaren Körper. Vereinigt sich mit wasserfreier Schwefelsäure zu einer zähen Masse, aus welcher sich beim Vermischen mit Wasser das *Sulfobenzid* $=C^{12}H^{5}SO^{2}$ abscheidet, ein krystallisirbarer, farb- und geruchloser schmelzbarer und sublimirbarer Körper. In dem Wasser bleibt eine neue Säure, die *Sulfobenzid-Schwefelsäure* $=C^{12}H^{5}S^{2}O^{5}$. Bildet mit Baryt ein lösliches Salz.

## 9. Mekonsäure.

*Vorkommen.* Im Opium.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in farblosen, glänzenden Blättchen, von schwach saurem Geschmack, in Wasser schwer löslich. Färbt die aufgelösten Eisenoxydsalze tief roth. Ist bei $+100°$ getrocknet $=\dot{H}+C^{7}HO^{6}$. Die krystallisirte enthält aufserdem noch 3 At. Wasser.

*Zersetzung.* Bis zu 200° erhitzt oder mit Salzsäure gekocht, zerfällt sie gerade auf in Kohlensäure und *Komensäure*, $=\dot{H}+C^{12}H^{3}O^{9}$, welche in sehr harten, schwerlöslichen Körnern krystallisirt, und welche ihrerseits bei der Destillation wieder eine andere, in glänzenden Blättern sublimirbare Säure liefert, die *Pyrokomensäure* $=C^{10}H^{3}O^{5}$. Mit überschüssiger Kalilauge erwärmt, zersetzt sich die Mekonsäure in Oxalsäure, Kohlensäure und eine braune Humin-Substanz.

## 10. Gerbsäure.

*Vorkommen.* In allen Theilen, besonders aber in der Rinde aller Quercus-Arten, überhaupt sehr verbreitet, besonders in Rinden, im Thee etc.; in der gröfsten Menge in den Galläpfeln.

*Darstellung.* In einem schmalen und verschliefsbaren Gefäfs läfst man wasserhaltigen Aether langsam durch Galläpfelpulver fliefsen. Mit dem Aether fliefst ein dickes, gelbliches Liquidum ab, eine concentrirte Auflösung von reiner

Gerbsäure in dem Wasser des Aethers, aus welcher durch Abdampfen die Gerbsäure trocken erhalten wird.

*Eigenschaften.* Farblose, durchaus nicht krystallinische Masse, von rein zusammenziehendem Geschmack, ohne Geruch. In Wasser sehr löslich, sauer reagirend. Wahrscheinliche Zusammensetzung $= \dot{H} + C^9 H^3 O^5$.

Die Gerbsäure ist ferner characterisirt durch die Eigenschaft, mit Eisenoxydsalzen eine schwarzblaue Verbindung zu bilden (wie in der Dinte) und durch eine Leimauflösung oder durch thierische Haut (wie bei der Lederbereitung) aus ihrer Auflösung vollständig gefällt zu werden.

Von dieser Gerbsäure in den Eigenschaften etwas abweichende, noch nicht hinreichend untersuchte Gerbsäurearten kommen namentlich in der Chinarinde und in den beiden Pflanzen-Extracten, dem Kino und Catechu, vor, welches letztere, aufser der Catechugerbsäure, noch eine besondere, in weifsen Schuppen krystallisirende Säure, die *Catechusäure,* enthält.

Die Chinagerbsäure fällt die Eisensalze nicht blauschwarz, sondern grün, und verwandelt sich durch Einflufs der Luft in einen rothen, in Wasser unlöslichen Absatz. Eben so rasch verändern sich die Catechu- und die Kino-Gerbsäure.

*Zersetzungen.* Eichengerbsäure, in Wasser aufgelöst, besonders in Vermischung mit den übrigen Bestandtheilen der Galläpfel, die in dem wässrigen Galläpfelauszug enthalten sind, absorbirt nach und nach aus der Luft Sauerstoffgas, und verwandelt sich in Kohlensäure und Gallussäure. 1 At. Gerbsäure giebt 2 At. Kohlensäure und 1 At. wasserhaltige Gallussäure. Eine Auflösung von Gerbsäure (Galläpfelauszug) mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure digerirt, wird in Gallussäure verwandelt. Eine Auflösung von Gerbsäure in Wasser, an der Luft abgedampft, wird braun, und hinterläfst eine braune, in Wasser unlösliche Substanz.

*Gallussäure,* $\dot{H} + C^7 H^2 O^4$. Um sie zu bereiten, zieht man gepulverte Galläpfel mit Wasser aus, und läfst die braune Auflösung wochenlang in einem offenen Gefäfse stehen. Die Gallussäure setzt sich, in noch unreinem Zustand,

als ein braunes, krystallinisches Pulver ab. Durch Auflösen in siedendem Wasser, Behandeln mit Thierkohle und Krystallisiren erhält man sie farblos.

Sie krystallisirt in farblosen, glänzenden Prismen, schmeckt undeutlich sauer, ist in Wasser sehr schwer löslich, fällt die Eisenoxydsalze blauschwarz, wie Gerbsäure, nicht aber die Leimlösung. Sie reducirt Gold aus der Auflösung von Goldchlorid, und Silber aus seinem salpetersauren Salz. Diese krystallisirte Säure enthält, aufser dem basischen Wasser, noch ein zweites Wasseratom, welches bei $+100^{\circ}$ weggeht.

Aufgelöste Gallussäure, mit einem Ueberschufs von einem Alkali vermischt, absorbirt sehr rasch Sauerstoffgas aus der Luft, indem sie ganz zerstört und stufenweise in verschieden gefärbte Verbindungen und zuletzt in eine braunschwarze Substanz (Huminsäure?) verwandelt wird.

***Pyrogallussäure***, $C^{6}H^{4}O^{4}$. Werden Gallussäure oder Gerbsäure in einer Retorte erhitzt, so erhält man, unter anderen Producten, Pyrogallussäure in glänzend weifsen, blättrigen Krystallen sublimirt. Am leichtesten erhält man sie durch Erhitzen eines eingetrockneten Galläpfelauszugs in einer ähnlichen Vorrichtung wie bei der Sublimation der Benzoësäure. Sie ist in Wasser leicht löslich; an der Luft verändert sie sich für sich auf ähnliche Art, wie die Gallussäure mit Alkali. Sie färbt die Eisen*oxydulsalze* blauschwarz. Die edlen Metalle werden aus ihren Auflösungen durch dieselbe reducirt.

---

Es giebt aufserdem noch viele andere organische Säuren dieser Art; theils kommen sie nur selten vor und sind noch wenig untersucht; theils sind sie Producte von Verwandlungsprocessen anderer Pflanzenstoffe, und können im Zusammenhang mit diesen betrachtet werden.

---

## II. BASEN.

Die sogenannten vegetabilischen Salzbasen kommen in den verschiedensten Pflanzengattungen vor, verbunden mit Pflanzensäuren; sie machen in der Regel, ungeachtet der geringen Menge, in der sie vorhanden sind, den wirksamen Bestandtheil solcher Pflanzen aus, die durch ihre Giftigkeit oder Heilkräfte ausgezeichnet sind. Die meisten sind krystallisirbar, einige sind liquid. Fast alle sind in Wasser wenig löslich; viel löslicher dagegen in Alkohol. Die meisten schmecken sehr bitter und reagiren alkalisch.

Ihre Darstellung besteht mehrentheils darin, dafs die Pflanzensubstanz mit sehr verdünnter Salzsäure ausgezogen und die Salzbase dann durch ein Alkali gefällt wird. Allein da hierbei zugleich viele andere Substanzen mit ausgezogen und mit gefällt werden, so müssen zu deren Entfernung noch verschiedene Reinigungsoperationen vorgenommen werden, wodurch die Isolirung dieser Körper gewöhnlich sehr umständlich und schwierig wird.

Alle vegetabilischen Salzbasen enthalten Stickstoff, und zwar in solcher Proportion, dafs er auf 1 Atom der Salzbase 1 oder mehreren Aequivalenten Ammoniak entspricht. Ihre Sättigungsfähigkeit steht in keinem Verhältnifs zu ihrem Sauerstoffgehalt; mehrere enthalten gar keinen Sauerstoff. Sie neutralisiren die Säuren und bilden damit mehrentheils krystallisirbare Salze, die auf jedes Atom Säure 1 Atom Wasser enthalten. Mit den Wasserstoffsäuren vereinigen sie sich ohne Abscheidung von Wasser. In Auflösung werden die Salze der meisten durch Gerbsäure gefällt. Alle bilden sie Doppelsalze mit Platin- und mit Quecksilber-Chlorid; die unlöslichen dieser Doppelsalze werden als gelbe oder weifse, häufig krystallinische Niederschläge gefällt. *)

*) Bei den Basen, bei denen in dem Folgenden keine Zusammensetzungs-Formel angegeben ist, ist diese unsicher oder nicht bekannt.

1. Morphin, Codeïn, Narcotin, Thebaïn.

*Vorkommen.* Nur im Opium, dem eingetrockneten Milchsaft des Mohns.

*Darstellung.* Zerkleinertes Opium wird wiederholt mit kaltem Wasser ausgezogen. Im Rückstand bleibt das meiste Narcotin, ausziehbar durch verdünnte Salzsäure oder durch kochenden Alkohol oder Aether. Die Wasser-Auflösung wird nach dem Concentriren durch Eindampfen mit einer Auflösung von Chlorcalcium vermischt, wodurch unreiner, braungefärbter, mekonsaurer Kalk gefällt wird. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit, mit Salzsäure etwas sauer gemacht, wird mit Thierkohle digerirt, filtrirt und zur Krystallisation verdunstet. Sie erstarrt zu einer strahligen Masse, bestehend aus einem Doppelsalz von chlorwasserstoffsaurem Morphin und Codeïn. Es wird ausgepreſst, in heiſsem Wasser gelöst und mit Ammoniak gefällt. Der Niederschlag ist Morphin, das Codeïn bleibt in der Auflösung. Sie wird durch Abdampfen concentrirt, wobei sich noch Morphin absetzt, und das Codeïn dann durch überschüssig zugesetztes Kalihydrat, worin der Rest von Morphin gelöst bleibt, gefällt. In der von dem auskrystallisirten Doppelsalz abgeschiedenen braunen Mutterlauge bleibt Thebaïn, Narcotin etc.

Eine vortheilhaftere Darstellungsweise des Morphins, ohne Rücksicht auf die anderen Basen, ist folgende: Das Opium wird 3 mal nach einander, jedesmal mit der dreifachen Gewichtsmenge Wassers macerirt und die Masse jedesmal stark ausgepreſst. Die erhaltene Auflösung wird siedendheiſs mit ebenfalls siedendheiſser Kalkmilch *) vermischt. Nachdem das Gemische einige Minuten lang gekocht hat, wird es durch Leinen geseiht; in der Kalkmasse bleibt alles Narcotin, die Mekonsäure etc.; die Auflösung enthält alles Morphin. Sie wird durch Eindampfen stark concentrirt, nochmals filtrirt, zum Sieden erhitzt und dann Salmiak in Pulver hinzugesetzt **), wobei das Morphin in kleinen Krystallnadeln ausgeschieden wird.

*) Welche ungefähr $\frac{1}{4}$ vom Gewicht des Opiums an Kalk enthält.

**) Auf 1 Pfund Opium 1 Unze Salmiak.

1. *Morphin.* $C^{35}H^{20}NO^{6}$. Das aus Alkohol krystallisirte bildet kleine farblose, glänzende Prismen, das durch Ammoniak gefällte eine weifse, pulverige Masse. Schmeckt schwach bitter, reagirt alkalisch. In 1000 Th. Wassers löslich, viel leichter löslich in Alkohol, unlöslich in Aether. Leicht löslich in kaustischem Kali. Schmelzbar, unter Verlust von Hydratwasser, krystallinisch erstarrend.

*Zusammensetzung:*

| | | Atome. | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 35 | — | 71,92 |
| Wasserstoff | — | 40 | — | 6,82 |
| Stickstoff | — | 2 | — | 4,84 |
| Sauerstoff | — | 6 | — | 16,42. |

Atomgewicht = 3655,83. Es kann betrachtet werden als $NH^{3} + C^{35}H^{17}O^{6}$.

Das *chlorwasserstoffsaure Morphin* krystallisirt in langen feinen Prismen; ähnlich das *schwefelsaure*.

Die Auflösung der Morphinsalze färbt sich mit neutralem Eisenchlorid tief blau, reducirt aus Jodsäure Jod, erkennbar durch Stärke.

2. *Codeïn*, $C^{35}H^{20}NO^{5}$. Krystallisirt in farblosen Prismen, schmeckt schwach, reagirt alkalisch, in ungefähr 2 Theilen siedenden Wassers löslich, auch in Alkohol und Aether. Schmelzbar, selbst in siedendem Wasser.

3. *Narcotin*, $C^{48}H^{24}NO^{15}$? Farblose, glänzende Prismen, ohne Geschmack, in Wasser und kaustischem Kali unlöslich, löslich in Alkohol und Aether. Reagirt nicht alkalisch; schmelzbar. Seine Salze krystallisiren nicht. Durch Einwirkung von Mangansuperoxyd und Schwefelsäure entsteht daraus eine krystallisirbare, schwer lösliche, stickstofffreie Säure, die *Opiansäure*.

4. *Thebaïn*, $C^{25}H^{14}NO^{3}$. Krystallisirbar, alkalisch, von scharfem Geschmack. Noch wenig bekannt.

Aufserdem ist in dem Opium in sehr geringer Menge noch eine fünfte, aber sehr schwache Salzbase, das *Narceïn*, enthalten, und in gewissen Opiumsorten hat man sogar noch zwei andere Basen, das *Pseudomorphin* und das *Porphyroxin*, gefunden.

Von dem Morphin scheinen hauptsächlich die narcoti-

schen Wirkungen des Opiums abzuhängen. Das Narcotin scheint am wenigsten wirksam zu sein.

### 2. Chinin und Cinchonin.

*Vorkommen.* In den ächten Chinarinden, verbunden mit Gerbsäure und Chinasäure. *)

*Darstellung.* Gröbliches Chinapulver wird mit salzsäurehaltigem Wasser ausgekocht, die filtrirte Auflösung mit überschüssiger Kalkmilch vermischt, der Niederschlag gewaschen, geprefst und getrocknet. Er enthält Chinin und Cinchonin, gerbsauren Kalk und andere Stoffe. Die beiden Basen werden durch kochenden Alkohol ausgezogen, die filtrirte, noch stark gefärbte Auflösung mit verdünnter Schwefelsäure neutralisirt und der Alkohol abdestillirt. Beim Erkalten krystallisirt das schwefelsaure Chinin, welches durch Behandeln mit Thierkohle und Umkrystallisiren farblos erhalten wird. Aus der gefärbten Mutterlauge wird das schwefelsaure Cinchonin erhalten. Zur Isolirung der Basen löst man diese Salze in Wasser und fällt durch Ammoniak.

1. *Chinin*, $C^{20}H^{12}NO^{2}$. Durch Ammoniak gefällt, bildet es eine weifse, erdige Masse, und ist selbst aus Alkohol nur sehr schwer krystallisirbar. Es ist schmelzbar unter Verlust des Hydratwassers zu einer harzartigen Masse, schmeckt sehr bitter, reagirt alkalisch, in 200 Th. siedenden Wassers löslich, ziemlich leicht löslich in Aether, in Alkohol sehr leicht löslich.

Die meisten Chininsalze sind krystallisirbar, sie schmekken sehr bitter, und werden, aufser durch Alkalien, Platinchlorid und Gerbsäure, auch durch Oxalsäure gefällt.

*Schwefelsaures Chinin, basisches*, bildet ein aus sehr feinen und kurzen Krystallnadeln bestehendes weifses, lokkeres, leichtes Pulver. Schmeckt höchst bitter, ist in Was-

---

*) Die Chinarinden, besonders eine unächte Art, die sogenannte China nova, enthalten aufserdem eine schwache Säure, die *Chinovasäure* $= \dot{H} + C^{38}H^{29}O^{9}$. Sie ist weifs, amorph, in Wasser unlöslich; ihre Salze schmecken intensiv bitter.

ser sehr schwer löslich, leicht löslich in schwefelsäurehaltigem Wasser zu einer blau schillernden Flüssigkeit. Schmilzt wie Wachs; verliert beim Erwärmen $11\frac{1}{2}$ Proc. oder 12 At. Wasser. Besteht aus:

| | | Atome. | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|---|
| Chinin | — | 2 | — | 74,6 |
| Schwefelsäure | — | 1 | — | 9,1 |
| Wasser | — | 16 | — | 16,3. |

Wird fabrikmäfsig dargestellt.

Das *neutrale Salz* krystallisirt gröfser, ist leichter löslich, reagirt sauer und verwittert.

2. *Cinchonin*, $C^{20}H^{12}NO$. Durch Ammoniak gefällt, weifse erdige Masse. Krystallisirt leicht aus Alkohol in glänzenden Prismen. In Wasser und Aether unlöslich, im Uebrigen ähnlich dem Chinin. Das *neutrale schwefelsaure Salz* bildet ziemlich grofse, perlmutterglänzende Krystalle.

*Chinoleïn*, $C^{19}H^{10}N$, eine nicht natürlich vorkommende Base, entsteht wenn Chinin oder Cinchonin mit Kalihydrat zusammengeschmolzen werden, wobei es überdestillirt. Es ist flüssig, riecht eigenthümlich und schmeckt scharf und bitter. Schwerer als Wasser, damit nicht mischbar. Starke Base.

---

In der Jaën-China ist eine besondere vegetabilische Base enthalten, das *Cinchovatin* $=C^{46}H^{27}N^{2}O^{8}$. Aus Alkohol krystallisirt es in farblosen Prismen; es schmeckt sehr bitter, reagirt alkalisch. Aehnliche, vielleicht damit identische Basen hat man in der China de Cusco (Aricarinde), Ch. de Carthagena und Ch. nova gefunden.

### 3. Strychnin und Brucin.

*Vorkommen.* Im Strychnos-Geschlecht, namentlich in den Krähenaugen, der Frucht von Strychnos Nux vomica.

*Darstellung.* Stark getrocknete und gepulverte Krähenaugen werden wiederholt mit Wasser ausgekocht, die Flüssigkeit zur Syrupdicke abgedampft und mit Kalkhydrat vermischt *). Der Niederschlag, welcher die beiden Ba-

*) Auf 1 Pfund Krähenaugen 2 Unzen gebrannter Kalk.

sen enthält, wird getrocknet und mit Alkohol ausgekocht. Beim Abdampfen krystallisirt zuerst das Strychnin, in der Mutterlauge bleibt das Brucin noch mit Strychnin. Durch Neutralisiren mit sehr verdünnter Salpetersäure und Auskrystallisiren des salpetersauren Strychnins werden beide getrennt, indem das Brucinsalz in der Mutterlauge bleibt und erst später krystallisirt. Die durch Thierkohle entfärbten Salze werden in Wasser gelöst und die Basen durch Ammoniak gefällt.

1. ***Strychnin***, $C^{44}H^{24}N^{2}O^{4}$. Kleine, farblose Prismen von höchst bitterem Geschmack; reagirt alkalisch, nicht schmelzbar. In Wasser kaum löslich. In Aether und wasserfreiem Alkohol unlöslich.

Die meisten Strychninsalze sind krystallisirbar, schmekken höchst bitter und sind, gleich dem Strychnin selbst, höchst giftig (Gegengift: Gerbsäure, z. B. Thee- oder Galläpfel-Aufguſs). — Ihre Auflösung wird durch Schwefelcyankalium krystallinisch gefällt.

2. ***Brucin***, $C^{44}H^{25}N^{2}O^{7}$. Sehr ähnlich dem Strychnin, selbst in der Giftigkeit, jedoch in Wasser und besonders in Alkohol leichter löslich. Wird mit Salpetersäure roth.

### 4. Veratrin.

*Vorkommen.* Im Samen von Veratrum Sabadilla *) und der Wurzel von Ver. album.

*Darstellung.* Aehnlich den vorhergehenden. Zusammensetzung $= C^{34}H^{21}NO^{6}$?

*Eigenschaften.* Weiſses Pulver, leicht schmelzbar zu einer harzartigen Masse, schmeckt scharf, erregt in sehr geringer Menge als Staub und selbst in Auflösung heftiges Niesen; sehr giftig. In Wasser kaum löslich. Mit Schwefelsäure wird es gelb, roth und zuletzt violett. Seine Salze werden nicht durch Platinchlorid gefällt.

In der Wurzel von Veratrum album ist noch eine andere Basis, das *Jervin* $= C^{60}H^{45}N^{2}O^{5}$ gefunden worden.

*) Verbunden mit einer sublimirbaren krystallisirenden Säure, der *Veratrumsäure* $= \dot{H} + C^{18}H^{9}O^{7}$.

5. Emetin.

*Vorkommen.* In der Ipecacuanha, der Wurzel von Cephaëlis Ipec., besonders in der äufseren stärkehaltigen Rinde.

*Darstellung.* Aehnlich wie bei den vorhergehenden.

*Eigenschaften.* Weifses Pulver, sehr leicht schmelzbar, von schwachem bitterem Geschmack, alkalisch, in Wasser wenig löslich, sehr leicht in Alkohol. — Bewirkt in sehr geringer Menge Erbrechen.

6. Atropin.

*Vorkommen.* In allen Theilen von Atropa Belladonna.

*Darstellung.* Aehnlich den vorhergehenden, jedoch mit Beachtung des Umstandes, dafs das Atropin in Wasser löslich ist, und dafs es sich in Auflösung in der Wärme leicht zersetzt.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in feinen weifsen Prismen, schmelzbar, schmeckt sehr unangenehm bitter und scharf, in 30 Th. siedenden Wassers löslich, in Alkohol leicht löslich. In Auflösung, selbst in Verbindung mit Säuren, leicht zersetzbar unter Bildung von Ammoniak. — *Schwefelsaures* und *salzsaures* Atropin krystallisiren in feinen Nadeln, sind luftbeständig, in Wasser leicht löslich.

Das Atropin besteht aus $C^{34}H^{23}NO^{6}$. Es ist sehr giftig, und bewirkt in kleinster Menge Erweiterung der Pupille.

7. Hyoscyamin.

*Vorkommen.* Im Kraut und Samen von Hyoscyamus niger und albus.

*Eigenschaften.* Feine seidenglänzende Prismen, im reinen Zustande ohne Geruch, im feuchten und noch unreinen Zustande von sehr widrigem, betäubendem Geruch, von scharfem, widrigem Geschmack, leicht schmelzbar. In Wasser ziemlich löslich, alkalisch. In Berührung mit Alkalien sehr schnell zersetzbar. — Höchst giftig; bewirkt anhaltende Erweiterung der Pupille.

8. Daturin.

*Vorkommen.* Im Kraut und Samen von Datura Stramonium.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in stark glänzenden, farblosen Prismen. Ohne Geruch, von scharfem, tabackartigem Geschmack. Schmilzt schon in siedendem Wasser. Unzersetzt sublimirbar. In Wasser so schwer löslich, dafs es aus den Lösungen seiner Salze durch Alkalien in weifsen Flokken gefällt wird. In Alkohol und Aether leicht löslich. Reagirt alkalisch. In Berührung mit Alkalien leicht zerstörbar. Aehnlich giftig wie das Hyoscyamin, erweitert ebenfalls die Pupille.

Im Samen des Stechapfels ist noch eine zweite Basis, das *Stramonin,* enthalten. Es ist krystallisirbar, geschmacklos, in Wasser unlöslich.

### 9. Colchicin.

*Vorkommen.* In allen Theilen von Colchicum autumnale.

*Eigenschaften.* Farblose Prismen, ohne Geruch, von sehr bitterem und kratzend scharfem Geschmack. In Wasser ziemlich leicht, in Alkohol sehr leicht löslich. Bewirkt schon in sehr kleiner Menge Erbrechen und Diarrhoe; sehr giftig.

### 10. Aconitin.

*Vorkommen.* Im Kraut und Samen von Aconitum Napellus und wahrscheinlich noch anderen Aconitum-Arten.

*Eigenschaften.* Körnig krystallinische oder amorphe durchsichtige Masse, geruchlos, bitter und scharf, leicht schmelzbar, in Wasser schwerlöslich, in Alkohol sehr leicht löslich. Sehr giftig.

### 11. Solanin.

*Vorkommen.* In den Solanum-Arten, besonders auch in den Keimen alter Kartoffeln.

*Darstellung.* Kartoffelkeime werden mit schwefelsäurehaltigem Wasser macerirt, die abgegossene und filtrirte Flüssigkeit mit pulverigem Kalkhydrat in kleinem Ueberschufs versetzt, der Niederschlag abfiltrirt, vollkommen getrocknet und wiederholt mit Alkohol ausgekocht. Beim Erkalten der siedendheifs filtrirten Lösung scheidet sich der gröfste Theil des Solanins aus.

*Eigenschaften.* Aus feinen Krystallblättchen bestehendes weifses Pulver. Durch Abdampfen seiner Alkohollösung erhält man es als eine amorphe durchscheinende Masse, die nicht wieder krystallinisch zu erhalten ist. Ohne Geruch, von widrigem kratzendem Geschmack. In Wasser wenig löslich. Schwache Base. Giftig.

### 12. Picrotoxin.

*Vorkommen.* In dem innern Kern der Kockelkörner (von Menispermum Cocculus).

*Darstellung.* Die entschälten und zerstampften, durch Pressen vom meisten fetten Oel befreiten Kockelkörner werden mit Alkohol ausgekocht, der Alkohol abdestillirt und das zurückbleibende Extract in kochendem, schwach saurem Wasser aufgelöst, woraus beim Erkalten das Picrotoxin krystallisirt.

*Eigenschaften.* Farblose, dünne und kurze Prismen, von höchst bitterem Geschmack, nicht unzersetzt schmelzbar. In 25 Theilen siedenden Wassers löslich, leicht löslich in Alkohol. Sehr giftig. Sehr schwache Base.

In den *Schalen* der Kockelkörner ist eine vom Picrotoxin verschiedene, krystallisirbare, nicht bitter schmeckende stärkere Base enthalten, das *Menispermin.*

### 13. Anthiarin.

*Vorkommen.* In Anthiaris toxicaria, einem auf Java u. a. ostindischen Inseln wachsenden Baum und dem daraus bereiteten extractartigen Gift, dem Anthiar.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in feinen weifsen Schuppen, geruchlos, schmelzbar, in Wasser wenig löslich, mehr in Alkohol. Wirkt in höchst geringer Menge als tödtliches Gift.

### 14. Coniin.

*Vorkommen.* In allen Theilen des Schierlings (Conium maculatum).

*Darstellung.* Das Kraut oder die Samen werden mit verdünnter Kalilauge destillirt, wobei das Coniin in Wasser aufgelöst übergeht. Das Destillat wird genau mit Schwe-

felsäure gesättigt, zur Syrupdicke verdunstet und mit einer concentrirten Kalilauge destillirt, wobei das Coniin als ein Oel übergeht, schwimmend auf einer gesättigten Auflösung in Wasser. Vom gebildeten Ammoniak wird es im luftleeren Raum befreit.

*Eigenschaften.* Farbloses, klares, ölartiges Liquidum von 0,89 spec. Gewicht, von betäubendem, unangenehmem Schierlingsgeruch und sehr widrigem, scharfem Geschmack. Siedet bei 170°. Löst Wasser auf, welches sich beim Erwärmen wieder abscheidet, daher die Eigenschaft des Coniins, sich schon durch die Wärme der Hand zu trüben. In 100 Th. Wassers löslich, alkalisch. Mit Alkohol und Aether mischbar.

Bei Zutritt der Luft wird das Coniin, so wie die Auflösung seiner Salze, bald braun und zuletzt ganz zerstört, unter Bildung von Ammoniak.

*Zusammensetzung:* $C^{12}H^{14}NO$? Es ist höchst giftig.

15. Nicotin.

*Vorkommen.* In den Blättern und Samen der Taback-Arten.

*Darstellung.* Man digerirt Tabacksblätter wiederholt mit schwefelsäurehaltigem Wasser, preſst aus, dampft die Flüssigkeit zur Hälfte ein, destillirt sie dann mit Kalk und entzieht dem Destillat das Nicotin durch Aether. Aus der Aetherlösung wird der Aether durch Verdunsten entfernt, zuletzt bei einer Wärme von 140°. Das noch unreine braune Nicotin wird bei 190° in einem Strom von trocknem Wasserstoffgas über gebrannten Kalk destillirt.

*Eigenschaften.* Farbloses Liquidum von schwachem Tabackgeruch, mischbar mit Wasser, Alkohol und Aether. Schwerer als Wasser, siedet bei 250°. Reagirt alkalisch; bräunt und zersetzt sich an der Luft. Höchst giftig.

*Zusammensetzung:* $C^{10}H^{8}N$.

16. Caffeïn.

*Vorkommen.* Im Kaffee, im Thee, im Paraguay-Thee (von Ilex paraguayensis), und in der Guarana (einer aus den Früchten von Paulinia sorbilis zubereiteten Masse).

*Darstellung.* Scharf getrocknete Kaffeebohnen werden gepulvert, zweimal mit siedendheifsem Wasser ausgezogen, aus der Infusion die anderen Stoffe durch basisches essigsaures Bleioxyd, und aus der vom Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff gefällt; nach dem Filtriren wird die Flüssigkeit durch Abdampfen concentrirt. Beim Erkalten krystallisirt das Caffeïn, welches durch wiederholtes Umkrystallisiren gereinigt wird.

Aus dem Thee, welcher über $1\frac{1}{4}$ Procent enthält, bekommt man es ganz einfach, wenn man aus einer Abkochung desselben die Gerbsäure und meisten anderen Bestandtheile durch essigsaures Blei ausfällt, filtrirt, zur Trockne verdunstet, die zurückbleibende Masse innig mit Sand vermischt und in einer ähnlichen Vorrichtung wie bei der Benzoësäure-Bereitung, einer sehr langsamen Sublimation unterwirft. Auch bei Kaffee etc. ist diese Methode anwendbar.

*Eigenschaften.* Farblose, sehr dünne und lange, seidenglänzende Prismen, von schwachem, bitterlichem Geschmack, in kaltem Wasser schwer löslich, eben so in Alkohol und Aether. Verliert bei $+100^\circ$ 8 Proc. Wasser, bei $+178^\circ$ schmelzbar, bei $+385^\circ$ sublimirbar. Wird aus seiner Lösung nur durch Gerbsäure gefällt. Bildet mit Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure krystallisirbare Verbindungen. Mit Alkalien gekocht, wird es in Kohlensäure, Ameisensäure und Ammoniak zersetzt.

Das krystallisirte Caffein ist $= C^8 H^5 N^2 O^2 + \dot{H}$. Es enthält über 26 Proc. Stickstoff.

## 17. Theobromin.

*Vorkommen.* In den Cacaobohnen.

*Darstellung.* Wie die des Caffeïns. Zur Reinigung löst man es in Kalilauge und fällt es daraus durch Salmiak.

*Eigenschaften.* Weifses krystallinisches Pulver von schwach bitterem Geschmack, wenig löslich in Wasser, noch weniger in Alkohol und Aether, partiell sublimirbar. Von Verbindungen kennt man nur die mit Gerbsäure und Quecksilberchlorid, von denen es gefällt wird.

Es ist $= C^9 H^5 N^3 O^2$ und enthält nahe an 36 Proc. Stickstoff.

### 18. Piperin.

*Vorkommen.* Im weifsen und schwarzen Pfeffer.

*Darstellung.* Gepulverter weifser Pfeffer wird mit Alkohol ausgezogen, die Auflösung zum Extract abdestillirt und dieses mit kaustischer Kalilösung vermischt, welche ein scharfes färbendes Harz auflöst und das Piperin als grünliches Pulver zurückläfst. Durch wiederholtes Auflösen in Alkohol und Krystallisiren zu reinigen.

*Eigenschaften.* Farblose, vierseitige Prismen, ohne Geschmack und Geruch, bei 100° schmelzbar, nicht flüchtig. In Wasser kaum löslich, leicht löslich in Alkohol. Die Lösung schmeckt scharf, pfefferartig. In kalter Schwefelsäure mit dunkelrother Farbe löslich. Sehr schwache Base.

*Zusammensetzung:* $C^{34}H^{19}NO^{6}$.

---

Ohne Zweifel giebt es noch eine grofse Anzahl von vegetabilischen Basen; auch sind aufser den obigen noch viele andere Stoffe als Basen angegeben worden, deren Natur und Eigenthümlichkeit aber noch nicht erwiesen ist. Zu den unzweifelhaften gehören noch:

Das *Chelidonin* und *Chelerythrin* in Chelidonium majus.

Das *Corydalin* in der Wurzel von Corydalis bulbosa und fabacea.

Das *Curarin* im Curara-Gift der Indianer.

Das *Delphinin* im Samen von Delphinium Staphisagria.

Das *Glaucin* und *Glaucopicrin* in Glaucium luteum.

Das *Harmalin* im Samen von Peganum Harmala.

Das *Pelosin* in der Wurzel von Cissampelos pareira.

Das *Sanguinarin* in der Wurzel von Sanguinaria canadensis.

---

## III. INDIFFERENTE STOFFE.

Diese Klasse umfafst den bei weitem gröfsten Theil der natürlich vorkommenden Pflanzenstoffe. Man rechnet dazu alle diejenigen, welche nicht die entschiedenen sauren und basischen Charactere der Körper der beiden vorhergehenden Klassen haben; dennoch sind diese Substanzen fast alle fähig Verbindungen einzugehen, und die meisten können als schwache Säuren betrachtet werden. Eine rein wissenschaftliche Klassification ist für dieselben jetzt noch nicht möglich. Man theilt sie vorläufig ein: 1) in solche, welche die allgemeinen näheren Bestandtheile des Pflanzenreichs ausmachen, und 2) in solche, welche nur in gewissen Pflanzen-Gattungen oder Arten vorkommen. Von den Stoffen der ersten Klasse giebt es meist mehrere Arten, analog in Eigenschaften und Zusammensetzung, die sich wie die einzelnen Species von einem Genus verhalten. Die Stoffe, welche die Gruppen dieser ersten Klasse ausmachen, sind: *Stärke*, *Gummi*, *Pflanzenschleim*, *Pectin*, *Zucker*, *die Proteïn-Stoffe*, *die fetten Oele*, *flüchtigen Oele*, *Harze*, *Chlorophyll*, *Lignin*.

### A. DIE ALLGEMEIN VORKOMMENDEN NÄHEREN BESTANDTHEILE DES PFLANZENREICHS.

#### I. Stärke.

Es giebt 3 Arten von Stärke: gewöhnliche Stärke, Inulin und Moosstärke.

##### 1. Gewöhnliche Stärke. Amylum.

*Vorkommen.* Aufserordentlich verbreitet, in grofser Menge in den Samen der Getreidearten, in den Hülsenfrüchten, Kastanien, Kartoffeln, im Stamme vieler Palmen etc., ferner in den meisten Wurzeln, in manchen Rinden, selbst in Obstarten, z. B. in den Aepfeln. Stets in Gestalt microscopischer Kügelchen in den Pflanzenzellen abgelagert.

*Gewinnung*, technisch, aus Waizen oder Kartoffeln,

durch Auswaschen. Letztere werden zerrieben, und auf einem Seihtuch die Stärkekügelchen aus der Zellensubstanz mit Wasser ausgewaschen. Aus dem milchigen Wasser setzt sich die Stärke als ein weifser, fester Bodensatz ab, der wiederholt mit frischem Wasser aufgerührt und ausgewaschen, und zuletzt an der Luft getrocknet wird.

*Eigenschaften.* Vollkommen weifses, im Sonnenschein schimmerndes Pulver, aus kleinen, mit dem einfachen Microscop erkennbaren, glänzenden, durchsichtigen Kügelchen bestehend, von ungleicher Gröfse. Geschmacklos, geruchlos; in kaltem Wasser unlöslich, so lange die äufsere dichtere Hülle der Kügelchen unversehrt ist. Zerriebene Stärke quillt in kaltem Wasser auf und wird davon partiell aufgelöst. Unlöslich in Alkohol und Aether, die aber aus der meisten Stärke kleine Mengen von Wachs und Fett ausziehen.

Mit Wasser bis 60° erhitzt, werden die Hüllen zersprengt und die Stärke bildet eine gallertartige, durchscheinende Masse (Kleister), die sich in einer gröfseren Menge siedenden Wassers wirklich auflöst und beim Erkalten wieder kleisterartig abscheidet. Nach dem Trocknen bildet kleisterartig gewesene Stärke eine farblose, durchsichtige, harte Masse.

*Verbindungen.* Sowohl in Pulver- als in Kleisterform vereinigt sich die Stärke mit *Jod* zu einem tief blauen Körper, der beim Erhitzen mit Wasser farblos, beim Erkalten wieder blau wird. Mit ***Brom*** wird sie orangeroth.

Die Stärke verbindet sich mit Basen. Unlösliche, weifse Amylate von Kalkerde und Baryterde entstehen durch Fällung von Baryt- und Kalkwasser mit einer heifsen Stärkelösung; das Bleioxyd-Amylat, $= \dot{P}b + C^6 H^5 O^5$, durch Stärkelösung mit basischem essigsaurem Bleioxyd.

*Zusammensetzung* $= C^6 H^5 O^5$

| | | | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|---|
| 6 At. Kohlenstoff | = | 450,72 | — | 44,49 |
| 10 At. Wasserstoff | = | 62,39 | — | 6,16 |
| 5 At. Sauerstoff | = | 500,00 | — | 49,35 |
| 1 At. Stärke | = | 1013,11 | — | 100,00. |

*Zersetzungen.* Bis zu ungefähr 200° erhitzt, wird die Stärke

Stärke in eine gummiähnliche, im Wasser lösliche Substanz verwandelt. Mit einer Auflösung von Diastas erwärmt, oder mit schwefelsäurehaltigem Wasser längere Zeit gekocht, erleidet sie dieselbe Veränderung. Dieser gummiähnliche Körper wird ***Dextrin*** genannt und hat noch die Zusammensetzung der Stärke. Mit Wasser bildet es eine schleimige Auflösung, mit Jod färbt es sich nicht blau, in Alkohol ist es unlöslich. Mit Salpetersäure bildet es keine Schleimsäure, sondern, wie die Stärke, Oxalsäure und Zuckersäure. Durch weitere Einwirkung von Diastas oder Säuren geht es in Traubenzucker über (siehe das Weitere bei diesem).

Aus derselben Art von Stärke besteht der ***Sago***, aus dem Mark der Sagopalme, die ***Cassava*** und ***Tapioka***, aus der giftigen, blausäurehaltigen Wurzel von Janipha Manihot, und das ***Arrowroot***, aus der Wurzel von Marantha arundinacea.

### 2. Inulin.

*Vorkommen.* In der Wurzel von Inula Helenium, Georgina purpurea, Helianthus tuberosus, Leontodon Taraxacum etc.

*Darstellung.* Wie die gewöhnliche Stärke, oder auch durch Auskochen und Abdampfen; beim Erkalten setzt es sich pulverförmig ab.

*Eigenschaften.* Sehr feines, weifses Pulver, ohne Geschmack und Geruch, bei etwas über 100° schmelzbar. In kaltem Wasser wenig, in heifsem sehr löslich zu einer schleimigen Flüssigkeit, die keinen Kleister bildet und woraus es sich wieder pulverig abscheidet. — Mit Jod wird es gelb, nicht blau. Durch längeres Kochen verliert es die Eigenschaft, sich pulverförmig abzusetzen, indem es sich zuletzt vollständig in einen syrupförmigen Zucker verwandelt. Mit diesem Zucker verbunden und daher etwas in seinen Eigenschaften modificirt, ist es in mehreren der obigen Pflanzen enthalten.

*Zusammensetzung:* $C^{12}H^{10}O^{10}$.

### 3. Moosstärke.

*Vorkommen.* In Flechten, besonders im isländischen Moos.

*Darstellung* und *Eigenschaften.* Das zerkleinerte Moos

wird, zur Entfernung anderer Substanzen, zuerst nach einander mit Aether, Alkohol, mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Natron, mit salzsäurehaltigem Wasser und reinem Wasser ausgewaschen, und die Stärke dann durch Kochen mit Wasser aufgelöst. Die geseihte Lösung gesteht zu einer Gallerte, welche nach dem Eintrocknen die Stärke als eine farblose, gummiartige Masse zurückläfst, die mit Wasser wieder gallertartig aufquillt. Geschmacklos und geruchlos. Wird mit Jod braun. — *Zusammensetzung* dieselbe wie Stärke.

## II. Gummi.

*Vorkommen.* Sehr allgemein; fliefst als concentrirte Auflösung aus manchen Bäumen von selbst aus und erhärtet zu durchsichtigen, getropften Massen; so namentlich das arabische und Senegal-Gummi von verschiedenen Acacia-Species, das Kirsch- und Pflaumen-Gummi.

*Eigenschaften.* Farblose, durchsichtige, glasartige Masse, von muschligem, glänzendem Bruch, durchaus unkrystallisirbar, geschmacklos, geruchlos. Das von selbst ausgeflossene bildet erstarrte Tropfen, gewöhnlich gelb oder braun gefärbt von fremden Beimengungen.

In Wasser sehr leicht löslich zu einem dicken, klebrigen, geschmacklosen Liquidum (Mucilago). In Alkohol unlöslich, daher es von diesem aus seiner wäfsrigen Lösung als weifse, zähe Masse gefällt wird.

Das Gummi vereinigt sich mit Basen. Die Blei-Verbindung, eine weifse, in Wasser unlösliche Masse, entsteht durch Fällung einer Gummilösung mit basischem essigsauren Bleioxyd.

*Zusammensetzung* $= C^{12}H^{11}O^{11}$, das heifst $2C^6H^5O^5 + \dot{H}$, welches Wasser bei $+130°$ weggeht. Das Gummi könnte als eine Verbindung von 2 Atomen Stärke mit 1 At. Wasser betrachtet werden.

*Zersetzungen.* Beim Erhitzen über 130° wird das Gummi zerstört; eben so durch die starken Säuren. Salpetersäure erzeugt damit die

*Schleimsäure*, $\dot{H} + C^6H^4O^7$. Weifses, krystallinisches Pulver, von schwach säuerlichem Geschmack, löslich in 60 Th. siedenden Wassers, kaum löslich in kaltem. Giebt bei der Destillation eine flüchtige, krystallisirbare Säure, die Brenzschleimsäure.

## III. Pflanzenschleim.

*Vorkommen.* Sehr allgemein, nicht in Auflösung, sondern in einem der Auflösung ähnlichen Zustand von schleimiger Aufquellung.

*Eigenschaften.* Farblose oder gelbliche, durchscheinende, zähe Masse, ohne Geruch und Geschmack. Quillt in Wasser zu einem aufserordentlich voluminösen Schleim auf, ohne sich wirklich aufzulösen. — Giebt mit Salpetersäure viel Schleimsäure.

*Zusammensetzung* dieselbe wie Stärke?

Die folgenden Pflanzenstoffe enthalten als wesentlichen Bestandtheil Pflanzenschleim:

1. *Traganth*, durch freiwilliges Ausfliefsen aus Astragalus creticus. Enthält aufserdem Gummi und etwas Stärke.

2. *Bassora-Gummi; Pflaumen-* und *Kirsch-Gummi*, letzteres enthält ungefähr $\frac{1}{5}$ Gummi und $\frac{4}{5}$ Pflanzenschleim.

3. *Salep*, die Wurzeln verschiedener Orchisarten bestehen aus Pflanzenschleim, mit wenig Gummi und Stärke.

4. *Caraghen*, eine Alge, besteht fast ganz aus Schleim.

Besonders reich an Pflanzenschleim sind: *Leinsaamen*, *Semen Psyllii*, *Quittenkerne*, die alle mit Wasser zu einem dicken Schleim aufquellen.

## IV. Pectin.

*Vorkommen.* Sehr verbreitet, vorzüglich in dem Safte fleischiger Früchte und Wurzeln, besonders zur Zeit der Reife; ist die Ursache des Gelatinirens solcher Säfte beim Einkochen mit Zucker oder beim Vermischen mit Alkohol.

*Darstellung.* Der Saft z. B. von Aepfeln wird zur Coagulirung des Eiweifses gekocht, filtrirt und das Pectin daraus durch Zumischung von Alkohol gefällt. Durch wie-

3 *

derholtes Auflösen in Wasser und Fällen mit Alkohol wird es gereinigt.

*Eigenschaften.* Farblose, in Wasser lösliche, in Alkohol unlösliche, geschmacklose Masse. Bildet mit Wasser eine schleimige, für sich nicht gallertförmig werdende Auflösung. Mit Salpetersäure bildet es zuerst Zuckersäure; nachher Schleimsäure.

*Zusammensetzung* noch ungewifs. Es verbindet sich unverändert mit Basen.

Aber in Berührung mit überschüssigem Alkali verwandelt es sich in *Pectinsäure.* Diese kann unmittelbar z. B. aus gelben Rüben erhalten werden, durch Auskochen der zerriebenen und ausgeprefsten Masse derselben mit einer sehr schwachen Auflösung von Kali in Wasser, Abseihen des gebildeten pectinsauren Kalis und Sättigen des Kalis mit Salzsäure. Die Pectinsäure wird gallertförmig abgeschieden und nachher ausgewaschen. Sie bildet eine farblose, in Wasser kaum lösliche, geschmacklose Gallert, die zu einer durchsichtigen Masse eintrocknet. Ihre Lösung in siedendem Wasser wird durch Zusatz von Säuren, Salzen, Alkohol, Zucker, gelatinirt.

Dieselbe Verwandlung erleidet das Pectin durch den Einflufs von Pflanzeneiweifs und von verdünnten Säuren.

Durch Kochen mit überschüssigem Kali wird die Pectinsäure noch weiter verändert, sie wird in eine leicht lösliche, zerfliefsliche, sauerschmeckende Modification verwandelt.

## V. Zucker.

Mit Gewifsheit sind 2 Arten von Zucker bekannt, Rohrzucker und Traubenzucker. Sie sind charakterisirt durch den süfsen Geschmack und durch die Gährungsfähigkeit, das heifst durch die Eigenschaft, in Berührung mit Ferment in Kohlensäure und Alkohol zu zerfallen.

### 1. Rohrzucker.

*Vorkommen.* Vorzüglich im Zuckerrohr, in den Runkelrüben, im Zuckerahorn.

*Gewinnung.* Der aus dem Zuckerrohr oder den Run-

kelrüben ausgeprefste, oder aus den Ahornbäumen ausgeflossene Saft wird sogleich mit wenigem Kalkhydrat gekocht, wodurch andere Substanzen gefällt werden, geklärt und zur Syrupdicke eingekocht. Beim Erkalten und Umrühren erstarrt er zu einer körnigen, braungelben Masse, ***Rohzucker*** oder ***Moscovade***, von welcher der nicht krystallisirende Theil, ein schwarzbrauner Syrup (Melasse), abgelassen wird.

Der Rohzucker, ein durch syrupförmigen Zucker und andere Stoffe noch verunreinigter Zucker, wird zur Entfernung derselben raffinirt. Er wird in wenigem Wasser aufgelöst, die Auflösung mit Thierkohle (Beinschwarz) gekocht, mit Ochsenblut (durch dessen gerinnendes Eiweifs) geklärt, filtrirt, die klare Auflösung mit Vorsicht wieder bis zum Krystallisationspunkt eingedampft und in die thönernen Hutformen geschöpft. Während des Erkaltens wird sie umgerührt, wodurch die regelmäfsige Krystallisation verhindert und das Erstarren zu einer körnig krystallinischen Masse, wie der Hutzucker ist, bewirkt wird. Der noch darin zurückgebliebene, nicht krystallisirende Syrup wird durch Auflegen von nassem Thon auf die Basis der Hüte, von dem aus dem Thon allmälig ausfliefsenden Wasser, nach der Spitze der Hüte gedrängt, wo er durch eine Oeffnung in der Form als Syrup abfliefst, (das Decken des Zuckers). Die Hüte werden nachher getrocknet.

*Eigenschaften.* Als Hutzucker bildet er ein vollkommen farbloses Aggregat von kleinen Krystallkörnern, als Candiszucker ausgebildete, regelmäfsige Krystalle. In Wasser nach allen Verhältnissen löslich, in Alkohol um so weniger, je wasserfreier er ist. Bei 160° schmelzbar.

Der Zucker verbindet sich mit den Salzbasen. Eine Zuckerlösung löst eine grofse Menge Kalk- und Baryterde-Hydrat auf und verliert dadurch ihre Süfsigkeit. Sie löst Bleioxyd zu einem alkalisch reagirenden, löslichen Saccharat auf; ein unlösliches weifses Blei-Saccharat $= Pb + C^6H^5O^5$, entsteht durch Digeriren der Zuckerlösung mit überschüssigem Bleioxyd.

*Zusammensetzung.* Der krystallisirte Zucker enthält

5,3 Proc. basisches Wasser, abscheidbar durch andere Basen, nicht durch Schmelzen. Der wasserfreie Zucker ist $= C^6 H^5 O^5$, der krystallisirte $= \dot{H} + 2C^6 H^5 O^5$.

| | Wasserfreier | | Krystallisirter Zucker | |
|---|---|---|---|---|
| | Atome. | In 100 Th. | Atome. | In 100 Th. |
| Kohlenstoff | — 6 | — 44,49 | — 12 | — 42,15 |
| Wasserstoff | — 10 | — 6,16 | — 22 | — 6,42 |
| Sauerstoff | — 5 | — 49,35 | — 11 | — 51,43 |

Der wasserfreie Zucker hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie die Stärke, der wasserhaltige die Zusammensetzung des Gummi's.

*Zersetzungen.* Bis zum Schmelzpunkt erhitzt, verliert der Zucker, ohne Wasser abzugeben, die Eigenschaft zu krystallisiren. Bis zu 165° erhitzt, verliert der krystallisirte Zucker 2 Atome Wasser, gebildet auf Kosten seiner Elemente, und ist dann in nicht krystallisirbaren zerfliefslichen Zucker oder *Caramel* verwandelt, $= C^{12} H^9 O^9$ (oder $C^4 H^3 O^3$), der den Hauptbestandtheil des gewöhnlichen Syrups ausmacht. Eine gleiche Veränderung erleidet der Zucker durch langes Kochen seiner concentrirten Lösung, besonders aber in Vermischung mit Pflanzensäuren.

Mit einem grofsen Ueberschufs von kaustischem Kalk destillirt, zerfällt der Zucker in Wasser, Kohlensäure, Aceton und *Metaceton*. Letzteres, $= C^6 H^5 O$, ist eine farblose, flüchtige, angenehm riechende, auf Wasser schwimmende Flüssigkeit. Eben so verhalten sich Gummi und Stärke.

Durch concentrirte Schwefelsäure wird dieser Zucker unter Erhitzung in eine schwarze Masse verwandelt. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Salzsäure wird er zuerst in Traubenzucker und darauf in pulverförmig niederfallende braune *Huminsäure* verwandelt (siehe Lignin). In Berührung mit Alkalien geht er allmählig in Traubenzucker über, der sich dann weiter verändert (siehe diesen).

Mit Salpetersäure erhitzt, wird er zerstört, unter Bildung von Oxalsäure und *Zuckersäure*, $= C^6 H^4 O^7$, eine Säure, die mit Kali ein dem Weinstein ähnliches, schwer lösliches saures Salz bildet.

In Berührung mit Ferment geht der in Wasser aufgelöste Zucker zuerst in Traubenzucker über, der dann sogleich in Kohlensäure und Alkohol zerfällt (siehe Producte von der Gährung).

2. Traubenzucker.

*Vorkommen.* In dem Safte der Trauben, Pflaumen, Feigen und vieler anderen süfsen Früchte, im Honig, im Harn beim Diabetes.

*Bildung* und *Darstellung.* Er bildet sich *a*) aus dem Rohrzucker durch Einwirkung von Säuren etc., *b*) aus der Stärke durch Kochen derselben mit verdünnter Schwefelsäure, oder durch Einwirkung von Diastas.

1. Der Saft von reifen Weintrauben wird mit Kreide neutralisirt, durch Eiweifs geklärt und zur Krystallisation abgedampft.

2. In ein siedendes Gemische von 1000 Th. Wasser und 15 Th. Schwefelsäure werden nach und nach 500 Th. Stärke eingetragen; sie löst sich auf, verwandelt sich zuerst in Dextrin und nach mehrstündigem Kochen in Zucker. Die Säure wird dann mit kohlensaurem Kalk gesättigt, die Zuckerauflösung vom Gyps abgeseiht, mit Thierkohle behandelt und bis zum Syrup abgedampft, welcher dann zu krystallinischem Zucker erstarrt.

3. 400 Th. Wasser werden mit 8 Th. Gerstenmalz *) allmählig bis zu 70° erhitzt und nach und nach 100 Th. Stärke eingerührt, welche sich bald auflöst und durch die Wirkung des Diastas im Malz zuerst in die gummiartige Modification (Dextrin) und nach mehrstündiger Digestion bei 70° in Zucker verwandelt.

Diese Verwandlung der Stärke in Zucker beruht auf der Assimilation der Elemente von Wasser, wie aus der Zusammensetzung dieses Zuckers hervorgeht.

*Eigenschaften.* Aus der Auflösung in Wasser erhalten, bildet er farblose, wenig harte, körnig krystallinische Massen; aus Alkohol krystallisirt er in feinen, zu dichten warzenförmigen Massen vereinigten Prismen. Schmeckt viel we-

*) Gekeimte und dann stark getrocknete Gerste.

niger süfs als Rohrzucker, ist in Wasser langsamer und weniger löslich. Schmilzt bei 100° unter Verlust von Wasser.

*Zusammensetzung* des krystallisirten $= \dot{H} + C^6H^6O^6$.

| | Wasserfreier. | | Krystallisirter. | |
|---|---|---|---|---|
| | Atome. | In 100 Th. | Atome. | In 100 Th. |
| Kohlenstoff | 6 | 40,04 | 6 | 36,40 |
| Wasserstoff | 12 | 6,65 | 14 | 7,05 |
| Sauerstoff | 6 | 53,31 | 7 | 56,55. |

Der krystallisirte Traubenzucker könnte also als Stärke + 2 Atomen Wasser betrachtet werden, das Gummi aber, $C^{12}H^{11}O^{11}$, als eine Verbindung von 1 At. Stärke und 1 At. Traubenzucker.

Der Traubenzucker ist mit concentrirter Schwefelsäure ohne Schwärzung mischbar und bildet damit eine Zuckerschwefelsäure, die mit Baryt ein lösliches Salz giebt.

Er verbindet sich mit Basen, erleidet aber, namentlich bei überschüssigem Alkali und in der Wärme, sehr schnell eine Veränderung, indem sich die Lösung bräunt unter Bildung von huminartigen Körpern.

Eine mit Kalk oder Baryt gesättigte Zuckerlösung, ohne Luftzutritt längere Zeit stehen gelassen, wird neutral, indem sich der Zucker in *Glucinsäure* $= \dot{H} + C^8H^5O^5$ verwandelt. Diese ist amorph, zerfliefslich, schmeckt und reagirt sauer.

Chlornatrium und Traubenzucker zusammen aufgelöst, vereinigen sich beim freiwilligen Verdunsten zu einer sehr regelmäfsig krystallisirenden Verbindung $= NaCl + 4C^6H^6O^6 + 3\dot{H}$, welche bei 100° 6 Proc. oder 3 At. Wasser verliert. Sie krystallisirt zuweilen aus verdunstetem diabetischem Harn. Man erhält sie stets daraus, wenn man nach dem Concentriren Kochsalz darin auflöst.

Wird eine Lösung von Traubenzucker mit kaustischem Kali vermischt und dann eine verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd zugesetzt, so färbt sich die Flüssigkeit tief blau und nach kurzer Zeit scheidet sich rothes Kupferoxydul ab. *)

*) *Gummi*, eben so behandelt, giebt einen blauen Nieder-

## VI. Proteïn-Stoffe.

Man versteht hierunter die in allen Pflanzen vorkommenden stickstoffhaltigen Materien des Pflanzenreichs. Sie gehören zu den Hauptnahrungsmitteln der Thiere, aus ihnen werden die stickstoffhaltigen Grundmaterien des Thierkörpers, *Albumin*, *Fibrin* und *Caseïn* gebildet, und sie haben mit diesen eine so grofse Aehnlichkeit, dafs sie höchst wahrscheinlich als damit identisch betrachtet werden können. Die Verschiedenheiten sind so klein, dafs sie vielleicht nur durch ungleiche Form und ungleiche Verbindungszustände bedingt werden. Denn die Zusammensetzung ist gleich. Sie enthalten alle eine kleine Menge Schwefel (und Fibrin vielleicht auch Phosphor) in organischer Verbindung, und bei dem Verbrennen hinterlassen sie eine kleine Menge phosphorsauren Kalk. Werden sie mit Hülfe von Wärme in einer mäfsig starken Lauge von kaustischem Kali aufgelöst, so bildet sich Schwefelkalium, und sättigt man die Lösung mit Essigsäure, so schlägt sich die aufgelöste Substanz in Form eines gelatinösen Körpers nieder, der von allen identisch ist. Er hat den Namen *Proteïn* erhalten.

Das ausgewaschene Proteïn ist gelatinös, graulich, halb durchscheinend, nach dem Trocknen hart, gelblich, geschmack- und geruchlos, in Wasser und Alkohol unlöslich, nicht ohne Zersetzung schmelzbar. Es besteht aus:

| | | | | Atome. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 54,86 | — | 40 |
| Wasserstoff | — | 6,87 | — | 60 |
| Stickstoff | — | 16,16 | — | 10 |
| Sauerstoff | — | 22,11 | — | 12. |

Diefs ist auch die Zusammensetzung vom Albumin, Fibrin und Caseïn, nur dafs diese dabei noch die kleine Menge Schwefel (und Phosphor?) enthalten, die im Albumin 0,68 und im Fibrin und Caseïn 0,36 Proc. beträgt, was im Albumin 2 Atome Schwefel auf 10 At. Proteïn, im Fibrin

schlag, *Dextrin* und *Rohrzucker* geben eine blaue Lösung, die erst beim Kochen Oxydul absetzt.

und Caseïn 1 At. Schwefel auf 10 Atome Proteïn ausmachen würde.

Im trocknen Zustande bilden diese Körper amorphe weiſse oder gelblichgraue, geschmacklose Massen, leicht löslich in kaustischen Alkalien. In höherer Temperatur werden sie zerstört und liefern die Destillationsproducte der stickstoffhaltigen Thierkörper, besonders kohlensaures Ammoniak. Im feuchten, besonders gemengten Zustande gehen sie in stinkende Fäulniſs über. Von concentrirter Salzsäure werden sie unter Zersetzung mit violettblauer Farbe aufgelöst (siehe das Weitere bei den Thierstoffen).

In allen *Pflanzensäften* und allen *ölreichen Samen* ist ein Albumin enthalten, welches mit dem Thier-Albumin (Eiweiſs) vollkommen identisch ist. Daher haben die Pflanzensäfte die Eigenschaft, beim Erhitzen sich zu trüben oder zu gerinnen, indem sich das aufgelöste Albumin im unlöslichen oder coagulirten Zustand abscheidet. Man erhält es auf diese Weise z. B. aus dem ausgepreſsten Saft der grünen Gemüse, der weiſsen und gelben Rüben. Es scheidet sich dabei meist als ein gefärbtes, gewöhnlich grünliches Gerinnsel ab, gefärbt durch andere mit gefällte Materien, die durch Alkohol und Aether ausgezogen werden können. Aus Kartoffeln erhält man es leicht, wenn man sie in Scheiben schneidet und mit Wasser, dem etwa 2 Proc. Schwefelsäure beigemischt sind, auszieht, indem man wiederholt neue Portionen Kartoffeln mit demselben Wasser behandelt. Nachdem man die so erhaltene Flüssigkeit mit Alkali neutralisirt hat, erhitzt man sie zum Sieden, wobei sich das Albumin in dicken weiſsen Flocken abscheidet.

In den *Getreidearten* ist ein Proteïnstoff enthalten, der mit dem Thier-Fibrin (Faserstoff) einige Aehnlichkeit hat. Man erhält ihn aus dem Mehl, in gröſster Menge aus Waizenmehl, wenn man es mit Wasser zu einem steifen Teig anmacht, diesen in ein leinenes Tuch einbindet und durch längeres Kneten in Wasser Stärke und Albumin vollständig auswäscht. Er bleibt dann als eine gelblich-graue, zähe, zu einer Haut ausziehbare, klebende Masse zurück (Kleber, Gluten). Von kochendem Alkohol wird daraus eine kle-

bende, nach dem Trocknen braune, zähe, ebenfalls stickstoffhaltige Substanz (der Pflanzenleim), und von Aether ein fettes Oel ausgezogen.

In den *Hülsenfrüchten* und *ölhaltigen Samen* ist ein Proteïnstoff enthalten, der mit dem Thier-Caseïn (Käsestoff) sehr grofse Aehnlichkeit hat. Um ihn darzustellen weicht man Bohnen, Erbsen oder Linsen in warmem Wasser auf, zerreibt sie zu Brei, verdünnt diesen mit Wasser und siebt die Hülsen ab. In der abgelaufenen Flüssigkeit ist das Caseïn aufgelöst und die Stärke suspendirt enthalten, welche letztere sich in der Ruhe absetzt. Durch Zumischung von ganz wenig Essigsäure wird das Caseïn als eine gallertförmige Masse abgeschieden. Zur Reinigung wird es mit Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen. Die rohe Auflösung wird schon für sich bald sauer von sich bildender Milchsäure und gerinnt dadurch von selbst. Sie gerinnt nicht beim Sieden, sondern bildet beim Abdampfen, wie die Milch, eine sich fortwährend erneuernde Haut. Der gelöste Zustand scheint nur durch die Gegenwart von einem Alkali bedingt zu sein. Werden *ölhaltige Samen*, z. B. entschälte und gestofsene süfse Mandeln, durch Pressen vom meisten fetten Oel befreit und dann kurze Zeit mit Wasser gekocht, so löst sich, aufser Zucker und Gummi, das meiste Caseïn auf, fällbar durch Essigsäure, und das Albumin bleibt coagulirt zurück und kann durch Aether vom fetten Oel befreit werden. Oder zieht man aus der geprefsten Masse von süfsen Mandeln die letzten Antheile von fettem Oel durch Aether aus und behandelt sie dann mit Wasser, so werden Caseïn und Albumin aufgelöst. Erhitzt man die Lösung zum Sieden, so scheidet sich das Albumin coagulirt aus, und das Caseïn kann nachher oder auch vorher durch Essigsäure gefällt werden.

In *gekeimter Gerste* ist das *Diastas* enthalten, ein noch wenig bekannter, noch nicht im reinen Zustande dargestellter Stoff, der beim Keimungsprocefs in der Gerste entsteht, merkwürdig durch seine Eigenschaft in Wasser aufgelöst und bei 70° Temperatur grofse Mengen von Stärke in Traubenzucker zu verwandeln. 1 Th. Diastas verwandelt ge-

gen 1000 Th. Stärke. Ueber 70° wird seine Wirkung vernichtet. — Ist in einem mit lauem Wasser gemachten Auszug von Gerstenmalz (gekeimter und scharf getrockneter Gerste) enthalten, daraus fällbar, nebst Eiweifs und Gummi, durch Alkohol.

## VII. Fette.

*Vorkommen.* Sehr allgemein, sowohl im Pflanzenreich, als im Thierreich; in ersterem vorzüglich in den Samen.

*Die Gewinnung* der meisten Pflanzenöle geschieht im Grofsen durch Auspressen der zerquetschten Samen, mit oder ohne Hülfe von Wärme.

*Eigenschaften.* Die Fette sind theils feste, theils flüssige Körper (die eigentlichen fetten Oele), und viele Arten kommen zugleich in den Pflanzen und in den Thieren vor. Im reinen Zustande sind sie wahrscheinlich alle farblos, geruchlos und geschmacklos; gewöhnlich sind sie durch fremde Beimischungen mehr oder weniger gelb gefärbt, schmeckend und riechend. Sie schwimmen auf Wasser und sind darin unlöslich. Nur wenige sind in Alkohol löslich. Mehrere der liquiden trocknen an der Luft ein unter Sauerstoff-Absorption, andere werden niemals trocken, sondern consistenter und dabei ranzig, durch eine darin entwickelte Säure. Sie sind nicht flüchtig; bei ungefähr 300° fangen sie an zu kochen in Folge einer Zersetzung und unter Bildung neuer Producte.

*Nähere Bestandtheile der Fette.* Jedes natürlich vorkommende Fett besteht aus mehreren besonderen fetten Körpern. Einige dieser einfachen Fette machen die näheren Bestandtheile der am allgemeinsten vorkommenden Fette des Pflanzen- und Thierreichs aus; andere kommen nur in gewissen Fetten vor.

Die allgemein vorkommenden einfachen fetten Körper hat man *Stearin*, *Margarin*, *Elaïn* und *Oleïn* genannt. Die beiden ersteren sind fest, die beiden letzteren flüssig. Sie vereinigen sich unter einander in verschiedenen Proportionen zu Verbindungen von ungleichen Schmelzpunkten; durch ihre ungleiche relative Menge wird der verschie-

dene Schmelzpunkt, also die verschiedene Consistenz der gewöhnlichen Oele bedingt. Ihre unmittelbare Trennung geschieht durch Behandlung des gemischten Fettes mit Alkohol oder Aether, und Auspressen bei verschiedenen Temperaturen; sie ist mehrentheils sehr schwierig.

Weniger allgemein vorkommende besondere Fette sind enthalten im ***Palmöl***, in der ***Cocusnufsbutter***, in der ***Muscatbutter***, im ***Ricinusöl***, im ***Crotonöl***, im ***Wachs***, in der ***Thierbutter***, im ***Wallrath***.

## Einwirkung der Salzbasen auf die Fette.

Durch Einwirkung der starken Salzbasen, namentlich der Alkalien, zerfällt jedes sogenannte einfache Fett in zwei andere Körper, nämlich in Glycerin und eine fettartige Säure, welche letztere mit der Basis in Verbindung tritt.

Aus jedem einzelnen Fett wird eine besondere, ihm eigenthümliche Säure, aus allen aber wird ein und dasselbe Glycerin abgeschieden.

Aus diesem Verhalten, so wie aus der Elementar-Zusammensetzung dieser Producte, verglichen mit der der fetten Körper, woraus sie entstehen, mufs man schliefsen, dafs diese letzteren als Verbindungen der fetten Säuren mit Glycerin zu betrachten sind, dafs also das Stearin, welches in Glycerin und Stearinsäure zerfällt, stearinsaures Glycerin, das Margarin margarinsaures Glycerin, das Elaïn elainsaures Glycerin, etc. ist. Indessen ist es bis jetzt noch nicht geglückt, aus diesen Producten jene fetten Körper wieder hervorzubringen.

Da die natürlich vorkommenden Fette stets mehrere jener einfachen Fette enthalten, so ist es klar, dafs bei der Einwirkung der Salzbasen auf dieselben, aufser dem Glycerin, auch stets *mehrere* fette Säuren entstehen. So z. B. geben die Talgarten Glycerin, viel Stearinsäure und wenig Elaïnsäure, die liquiden Oele viel Elaïnsäure und wenig Margarinsäure.

Diese Zersetzung der Fette hat man den ***Seifenbildungs-Procefs*** genannt, weil die von den gewöhnlichen Fetten dabei entstehenden gemengten Salze das ausmachen, was

man *Seife* nennt. Die weifse harte Seife enthält Natron zur Basis, verbunden vorzüglich mit Stearinsäure oder Margarinsäure, die weiche oder schwarze Seife enthält Kali, verbunden mit Elaïn- oder Oelsäure.

Die Verseifung geschieht durch längeres Erwärmen des Fettes mit einer Auflösung des kaustischen Alkali's, oder mit Wasser und dem pulverförmigen Oxyd.

Die stärksten Basen, vor allen Kali und Natron, wirken am raschesten und vollkommensten; sehr schwache Basen, wie Thonerde, Eisenoxyd, verändern die Fette gar nicht.

Die auf diese Weise aus den verschiedenen Fettarten abscheidbaren Körper sind folgende:

### 1. Glycerin.

***Darstellung.*** Wenn ein Fett durch Kochen mit überschüssiger kaustischer Lauge in Seife verwandelt wird, so scheidet sich diese, weil sie in der alkalischen Flüssigkeit unlöslich ist, aus letzterer ab; das Glycerin aber bleibt aufgelöst und kann, nach dem Sättigen des Alkali's mit Schwefelsäure und Abdampfen, aus der Salzmasse durch Alkohol ausgezogen werden. Am einfachsten ist es zu erhalten durch Kochen eines Fettes mit Bleioxyd und Wasser. Die sich bildenden Bleisalze sind unlöslich, in dem Wasser bleibt nur Glycerin mit ganz wenig Bleioxyd, welches durch Schwefelwasserstoff entfernt wird.

***Eigenschaften.*** Farbloser, nicht krystallisirbarer Syrup, von rein süssem Geschmack, in Wasser und Alkohol leicht löslich, partiell unzersetzt destillirbar, nicht gährungsfähig. Vereinigt sich mit Schwefelsäure zu einer sauren, salzartigen Verbindung, die mit anderen Basen Doppelsalze bildet. Das Kalkdoppelsalz ist krystallisirbar.

***Zusammensetzung*** des wasserfrei gedachten Glycerins, so wie es in den Fetten enthalten ist, $= C^3 H^2 O$. Im abgeschiedenen Zustand ist es $C^6 \dot{H}^7 O^5$.

### 2. Stearinsäure (Talgsäure).

***Darstellung.*** Durch Verseifung von reinem Stearin mit Alkali und Versetzung des aufgelösten stearinsauren Salzes durch Zumischung von verdünnter Schwefelsäure, wo-

bei die Stearinsäure als weifse Masse gefällt wird. Oder man verseift Cacaobutter oder Hammeltalg, fällt die gebildeten fetten Säuren durch Salzsäure, wäscht die Masse aus und macerirt sie längere Zeit und wiederholt mit Weingeist, welcher fast nur Elaïnsäure auflöst. Die Masse wird abfiltrirt, geprefst und in siedendem Alkohol gelöst, welcher beim Erkalten Stearinsäure absetzt. Auf gleiche Weise kann die im Handel vorkommende, zu Kerzen angewandte Stearinsäure, die schon ziemlich rein ist, vollständig gereinigt werden.

*Eigenschaften.* Aus Alkohol krystallisirt bildet sie glänzende weifse Schuppen. Schmilzt bei $+70°$ und erstarrt zu einer wachsartigen, dabei krystallinischen Masse. Unlöslich in Wasser, geschmacklos. Brennbar wie Wachs. Löst sich mit Leichtigkeit in den Auflösungen der Alkalien und neutralisirt sie. Ueber ihren Schmelzpunkt erhitzt, wird sie zerlegt in Margarinsäure, Margaron und Wasser, welche überdestilliren. Mit Salpetersäure erhitzt wird sie in Margarinsäure verwandelt.

*Zusammensetzung* $= \dot{H}^2 + C^{68} H^{68} O^5$.

*Stearinsaure Salze.* Der Sauerstoff der Säure verhält sich darin zu dem der Basis theils wie 5:2, theils wie 5:1.

$\dot{K}^2 \bar{St}$ ist körnig krystallinisch, weich, quillt in kaltem Wasser schleimig auf, wird von heifsem klar aufgelöst, beim Erkalten wieder schleimig werdend, indem sich das Salz in freies Kali und $\dot{K}\bar{St}$ zerlegt. Geschieht die Zersetzung durch Beimischung von vielem Wasser, so scheidet sich das $\dot{K}\bar{St}$ in höchst feinen perlmutterglänzenden Blättchen ab. Beide Salze sind in Alkohol löslich.

$\dot{Na}^2 \bar{St}$, aus der heifs gesättigten Alkohollösung sich abscheidend, bildet es eine Gallerte, die sich bald nachher in Krystallblätter verwandelt. Verhält sich zu Wasser wie das Kalisalz und zerfällt in Natron und $\dot{Na}\bar{St}$.

Die Salze von Baryterde, Kalkerde und Bleioxyd entstehen als weifse, in Wasser unlösliche Niederschläge durch wechselseitige Zersetzung.

*Stearin* oder *stearinsaures Glycerin.* Es macht den

Hauptbestandtheil der *Cacaobutter* und der *Talgarten* des Thierreichs, namentlich des Hammel- und Rinder-Talgs, aus, worin es mit Margarin und Elaïn gemengt ist. Man erhält es durch Ausziehen von Hammeltalg oder Cacaobutter mit kaltem Aether, wobei es zurückbleibt.

Das Stearin ist wachsartig, durchscheinend, nicht krystallinisch und schmilzt bei +62°. In geringer Menge in heifsem Alkohol löslich; viel löslicher in warmem Aether, woraus es in perlmutterglänzenden Blättchen krystallisirt.

*Zusammensetzung* $= C^{71}H^{72}O^{8}$, das heifst, es besteht aus

| | | |
|---|---|---|
| 1 Atom | Stearinsäure | $= C^{68}H^{68}O^{5}$ |
| 1 — | Glycerin | $= C^{3}\ H^{2}\ O$ |
| 2 — | Wasser | $= \ H^{2}\ O^{2}$ |
| 1 Atom | Stearin | $= C^{71}H^{72}O^{8}$. |

### 3. Margarinsäure.

*Darstellung.* Durch Verseifung von reinem Margarin, oder auch von Baumöl oder Menschenfett, Zersetzung der aufgelösten Seife mit Salzsäure, Auflösen der Fettmasse in Alkohol, Krystallisiren der Margarinsäure durch Abkühlung der Auflösung, und Entfernung der Elaïnsäure durch starkes Pressen und Umkrystallisiren.

Sie wird ferner erhalten durch Destillation der Stearinsäure, oder indem man Stearinsäure einige Minuten lang mit Salpetersäure bis zum Sieden erhitzt.

*Eigenschaften.* Sehr ähnlich der Stearinsäure, schmilzt aber schon bei 60° ganz. Sie läfst sich fast unzersetzt überdestilliren.

*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^{34}H^{34}O^{3}$. Sie enthält also dasselbe Radical wie die Stearinsäure, zu der sie sich verhält wie die Schwefelsäure zur Unterschwefelsäure.

*Margarin* oder *margarinsaures Glycerin.* Es macht den Hauptbestandtheil der *Schmalzarten* des Thierreichs, z. B. des Menschen-, Schweine-, Enten-, Gänse-Fetts, aus. Es ist ferner in der Butter, im Lorbeeröl (begleitet von einem flüchtigen Oel), im Baumöl und wahrscheinlich in vielen anderen liquiden Oelen enthalten. In ganz reinem Zu-

Zustand ist es unbekannt, es hat jedenfalls grofse Aehnlichkeit mit Stearin, ist aber leichter schmelzbar.

### 3. Elaïnsäure.

*Darstellung.* Durch Verseifung von Baumöl, Mandelöl oder anderen, nicht trocknenden Pflanzenölen. Die Seife wird durch eine Säure zersetzt, die abgeschiedene Fettmasse in Alkohol aufgelöst, die Auflösung bis zu 0° abgekühlt, wobei sich die meiste Margarinsäure absetzt, und der Alkohol abdestillirt. Die zurückbleibende Elaïnsäure wird, zur Entfernung der letzten Antheile von Margarinsäure, mit fein geriebenem Bleioxyd digerirt, und die Masse dann längere Zeit mit Aether macerirt, welcher das elaïnsaure Bleioxyd auflöst, das margarinsaure ungelöst läfst. Die Auflösung wird dann durch Salzsäure zersetzt, und der Aether von der Elaïnsäure abdestillirt.

*Eigenschaften.* Farbloses oder schwach gelbliches Oel, reagirt sauer, schmeckt scharf, riecht schwach, schwimmt auf Wasser, erstarrt bei 0° zu einer weichen krystallinischen Masse, ist mit Alkohol mischbar.

Bis zum Sieden erhitzt, wird sie vollständig zersetzt, unter Bildung mehrerer Producte, worunter die Fettsäure das characteristischste ist. Durch salpetrige Säure wird die Elaïnsäure in Elaïdinsäure verwandelt.

*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^{44} H^{40} O^{4}$.

*Die elaïnsauren Salze* sind weich, seifenartig, nicht krystallisirbar, aus Auflösungen abgesetzt, gallertförmig. Das einfache Bleipflaster, erhalten durch Kochen von Bleioxyd mit Wasser und Baumöl, ist ein Gemenge von margarinsaurem und elaïnsaurem Bleioxyd. Aus diesen Salzen besteht auch der Niederschlag, der durch Fällung einer heifsen Auflösung von Baumöl- oder Menschenfett-Seife mit essigsaurem Bleioxyd erhalten wird. Nach dem Auswaschen und Trocknen zieht Aether das elaïnsaure Salz aus.

*Elaïn* oder *elaïnsaures Glycerin.* Es macht einen Bestandtheil der meisten Fette aus. Es ist der Hauptbestandtheil aller *nicht trocknenden* liquiden Fette. Sie sind alle ausgezeichnet durch die Eigenschaft, durch salpetrige Säure

zu Elaïdin zu erstarren und bei der Destillation Fettsäure zu erzeugen. Es ist also der Hauptbestandtheil des *Baumöls, Mandelöls, Rüböls, Senföls, Buchenkernöls, Haselnufsöls, Pflaumenkernöls* etc. Die bei 0° aus Baumöl sich abscheidende, körnig krystallinische Masse ist eine bestimmte Verbindung von Elaïn mit Margarin; nach dem Auspressen schmilzt sie bei +20° Das Elaïn ist ferner ein Bestandtheil der *Thranarten*, so wie der talg- und namentlich der schmalzartigen Fette, sowohl des Pflanzen- als des Thierreichs.

Das Elaïn ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Oel, welches auf Wasser schwimmt, und erst bei hohen Kältegraden erstarrt. Durch salpetrige Säure erstarrt es zu Elaïdin.

### 4. Oleïnsäure.

Sehr viele fette Oele sind von den oben genannten dadurch verschieden, dafs sie an der Luft unter Sauerstoff-Absorption und Entwickelung von etwas Kohlensäuregas nach und nach zu harzähnlichen, zähen Massen eintrocknen, und dafs sie nicht die Eigenschaft haben, durch salpetrige Säure zu erstarren. Man nennt sie *trocknende Oele.* Ihre eigentliche Natur ist noch unbekannt. Da sie mit den Alkalien Seifen bilden, so ist anzunehmen, dafs sie als allgemeine Bestandtheile Glycerin und eine Oelsäure enthalten, die von der Elaïnsäure verschieden ist.

Zu den trocknenden Oelen gehören: das *Leinöl, Wallnufsöl, Hanföl, Mohnöl, Belladonnaöl, Tabacksamenöl, Sonnenblumenkernöl, Pinuskernöl, Traubenkernöl* u. a.

### 5. Palmitinsäure.

*Darstellung.* Wie die der Margarinsäure, aus dem butterartigen gelben, wohlriechenden Oel der Früchte der Palmen, dem Palmöl, welches aus Palmitin besteht und dabei stets freies Glycerin, freie Palmitin- und freie Elaïnsäure enthält.

*Eigenschaften.* Krystallisirt aus Alkohol in glänzenden Blättern, sehr ähnlich der Margarinsäure, auch schmilzt sie bei +60°.

*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^{32}H^{62}O^{3}$.

*Palmitin* oder *palmitinsaures Glycerin* ist bis jetzt nur im Palmöl gefunden worden. Glänzend weifs, leicht zerreiblich, in Alkohol unlöslich, in Aether löslich, schmilzt bei $+48^{\circ}$.

### 6. Cocinsäure.

*Vorkommen.* Mit Glycerin verbunden in dem aus dem Kern der Cocusnüsse ausgeprefsten butterartigen Fett, welches durch seinen unangenehmen Geschmack und Geruch und seine Löslichkeit in Alkohol ausgezeichnet ist.

*Eigenschaften.* Weifs, geruch- und geschmacklos, schmilzt bei $+35^{\circ}$ und erstarrt zu einer durchaus unkrystallinischen, spröden Masse.

*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^{27}H^{27}O^{3}$.

### 7. Myristicinsäure.

Die Muskatbutter, durch heifses Auspressen aus den Muskatnüssen erhalten, besteht aus Myristicin, gemengt mit einem anderen Fett und einem flüchtigen Oel. Eine Auflösung von Muskatbutter in 4 Th. siedenden Alkohols setzt beim Erkalten das *Myristicin* oder myristicinsaure Glycerin in feinen seideglänzenden Nadeln ab. Es schmilzt bei $+31^{\circ}$ und ist höchst schwer verseifbar. Die Myristicinsäure, $= \dot{H} + C^{25}H^{28}O^{3}$, krystallisirt aus Alkohol in glänzend weifsen Blättchen, schmilzt bei $48^{\circ}$ und erstarrt krystallinisch.

### 8. Ricinsäuren.

Das durch seine Dickflüssigkeit und Löslichkeit in Alkohol ausgezeichnete Oel aus dem Samen von Ricinus communis bildet bei der Verseifung 3 eigenthümliche fette Säuren, wovon die eine bei $+130^{\circ}$, die andere bei $+22^{\circ}$, die dritte bei gewöhnlicher Temperatur schmilzt. Sie sind noch nicht genau untersucht.

### 9. Crotonsäure.

Durch Verseifung des giftigen, brennend schmeckenden Oels aus dem Samen von Croton Tiglium. — Fester, sehr

flüchtiger Körper von höchst durchdringendem Geruch, höchst scharf und giftig.

10. Buttersäuren.

*Darstellung.* Durch Verseifung der Butter, die aus Elaïn, Margarin und einem besonderen liquiden Fett, dem *Butyrin* (buttersauren Glycerin?) besteht. Die Seife wird in heifsem Wasser aufgelöst, durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt und die Flüssigkeit sammt den abgeschiedenen fetten Säuren destillirt. Die Buttersäure destillirt zum Theil in Wasser aufgelöst, zum Theil auf ihm schwimmend über. Elaïnsäure und Margarinsäure bleiben mit dem Glycerin in der Retorte zurück. Die wäfsrige Buttersäure wird mit Baryt gesättigt und durch Abdampfen das krystallisirende trockne Barytsalz dargestellt. Dieses wird durch Schwefelsäure, mit ihrem gleichen Gewicht Wassers verdünnt, vermischt, wobei sich die Buttersäure als ein dünnes, ölartiges, nach ranziger Butter riechendes Liquidum abscheidet.

*Eigenschaften.* Die so dargestellte Säure besteht aus einem schwer trennbaren Gemenge von 3 flüchtigen Säuren, der Buttersäure, Capronsäure und Caprinsäure.

1. *Buttersäure,* $\dot{H} + C^8H^5O^3$. Dünnes, farbloses Liquidum, von ranzigem Buttergeruch und beifsendem Geschmack, von 0,9765 spec. Gew., flüchtig, mit Wasser und Alkohol in allen Proportionen mischbar.

2. *Capronsäure,* $\dot{H} + C^{12}H^{10}O^3$. Dünnes, ölartiges Liquidum, von säuerlichem Schweifsgeruch und beifsendem Geschmack, flüchtig, leichter als Wasser, darin nur wenig löslich.

3. *Caprinsäure,* $\dot{H} + C^{18}H^{15}O^3$. Vorzüglich aus Ziegenbutter. Farbloses, auf Wasser schwimmendes Oel, von schweifsartigem Bockgeruch, erstarrt schon bei +15° krystallinisch; flüchtig, in Wasser kaum löslich.

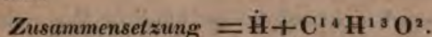
Die mehrentheils krystallisirbaren Salze dieser Säuren sind geruchlos, entwickeln aber mit andern Säuren sogleich einen unangenehmen Geruch.

Aehnliche flüchtige fette Säuren entstehen bei der Verseifung einiger Fischthrane und des Fettes im Sabadillsamen.

### 11. Oenanthsäure.

Sie entsteht auf unbekannte Weise bei der Gährung, nd ist, an Aether gebunden, im Wein und im Getreide-ranntwein enthalten. Das bei der Destillation von Wein-efe oder von Getreide-Branntwein erhaltene, unangenehm echende Fuselöl besteht grofsentheils aus önanthsaurem ether. Beim Kochen mit Kali wird der Aether als Al-ohol ausgetrieben; durch nachherigen Zusatz einer Säure :heidet sich die Oenanthsäure als ein Oel ab.

*Eigenschaften.* Geruch- und geschmackloses Oel, er-arrt bei +13° butterartig, ist in Wasser unlöslich, leicht slich in Alkohol. Bei der Destillation zerlegt sie sich artiell in Wasser und wasserfreie Säure, die erst bei 31° :hmilzt.



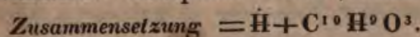
*Zusammensetzung* $=\dot{H}+C^{14}H^{13}O^{2}$.

### 12. Valeriansäure.

*Vorkommen.* In der Wurzel von Valeriana officinalis. ie wird ferner gebildet durch Einwirkung von erhitztem alihydrat auf Kartoffelfuselöl und von Säuren und Alka-en auf Athamantin *).

*Darstellung.* Die Wurzel wird mit Wasser destillirt, obei eine Auflösung von Valeriansäure in Wasser und ein arauf schwimmendes Oel, ein Gemenge von Valeriansäure it einem ätherischen Oel, übergehen. Das ganze Destil-t wird mit Kali gesättigt und durch Abdampfen concen-irt, wobei sich das Oel verflüchtigt. Durch Destillation er concentrirten Salzlösung mit Schwefelsäure wird die 'aleriansäure abgeschieden.

*Eigenschaften.* Farbloses dünnes Oel, von stechendem iuerlichem Valeriana-Geruch und scharfem Geschmack. In 0 Th. Wassers löslich, mit Alkohol mischbar, auf Wasser chwimmend. Siedepunkt +132°; brennbar.



*Zusammensetzung* $=\dot{H}+C^{10}H^{9}O^{3}$.

---

*) Eine in Athamanta oreoselinum vorkommende krystallisir-are, fettähnliche Substanz, die dabei in Valeriansäure und einen achsartigen Stoff zerlegt wird.

### 13. Cerin.

Es macht den Hauptbestandtheil sowohl des von den Bienen producirten und zum Bau ihrer Zellen dienenden Wachses, als auch der im Pflanzenreich vorkommenden Wachsarten aus. — Das durch Honig gelb gefärbte und riechende rohe Wachs wird in dünne Blätter geformt (gebändert) und in der Sonne gebleicht. Das weifse Wachs schmilzt bei 68°. Es enthält etwas Margarin, ausziehbar durch kaustisches Natron. Durch siedenden Alkohol trennt es sich in *Cerin,* welches sich auflöst, und in *Myricin*, welches zurückbleibt. Beim Erkalten der Lösung scheidet sich das Cerin fein krystallinisch ab. Es schmilzt bei 70°, ist farblos, hart und spröde. *Zusammensetzung* $= C^{20}H^{20}O$. Das Myricin schmilzt bei 65°.

Das Cerin wird nicht auf die gewöhnliche Weise durch Alkalien zerlegt; sein Verhalten zu denselben ist übrigens nicht näher bekannt.

### 14. Cetin.

Man versteht hierunter den vollkommen reinen Wallrath, ein grofsblättrig krystallinisches Fett, das sich aus dem in den Schädelhölungen einiger Wallfischarten enthaltenen Thran absetzt. Das Cetin schmilzt bei 49° und erstarrt zu einer durchscheinenden, sehr krystallinischen Masse. Aus der Auflösung in Alkohol krystallisirt es in glänzenden Blättchen.

*Aethal.* Bei der Verseifung des Cetins erhält man Elaïnsäure und Margarinsäure, aber kein Glycerin, sondern statt dessen einen eigenthümlichen, wachsähnlichen Körper, das *Aethal.* Die Verseifung geschieht am leichtesten durch Zusammenschmelzen von Wallrath mit Kalihydrat bei gelinder Hitze. Die Seife wird mit Salzsäure zersetzt, die abgeschiedenen fetten Säuren mit Kalkhydrat gesättigt, getrocknet und aus der Masse das Aethal durch Alkohol ausgezogen.

Das Aethal $= C^{32}H^{33}O + \dot{H}$, ist durchscheinend, krystallinisch, geschmack- und geruchlos, in Wasser unlöslich, löslich in Alkohol, bei + 50° schmelzbar. Sowohl für

sich als mit Wasser destillirbar. Mit wasserfreier Phosphorsäure destillirt, zerfällt es in Wasser und einen bei 275° überdestillirenden, geschmacklosen ölartigen Körper, das *Aethalöl* $= C^{32}H^{32}$.

*Cetylsäure* $= \dot{H} + C^{32}H^{31}O^{3}$; entsteht wenn Aethal mit einem Ueberschufs von Kalihydrat bis zu 220° erhitzt wird, wobei sich reines Wasserstoffgas entwickelt. Aus der Auflösung des entstandenen cetylsauren Kalis in Wasser wird die Säure durch Salzsäure abgeschieden. Sie ist eine farb- und geruchlose Masse, unlöslich in Wasser, bei 55° schmelzbar, krystallinisch erstarrend, in heifsem Alkohol und Aether leicht löslich, unzersetzt destillirbar. Sie ist isomerisch mit Palmitinsäure.

## Einwirkung der Säuren auf die Fette.

*Schwefelsäure* wirkt auf die Fette ganz ähnlich wie die Alkalien, sie zerlegt sie in Glycerin und fette Säuren; aber die Einwirkung geht sogleich weiter, namentlich bei Ueberschufs von Säure, und es werden z. B. aus dem Baumöl, welches allein bis jetzt in dieser Hinsicht untersucht ist, nicht weniger als 5 eigenthümliche fette Säuren erzeugt, wovon 3 fest und krystallisirbar, die beiden anderen liquid sind.

*Salpetersäure*, mit Stearinsäure bis zum Sieden erhitzt, verwandelt dieselbe ganz einfach durch höhere Oxydation in Margarinsäure. Durch länger fortgesetzte Einwirkung aber entstehen daraus Körper von ganz anderer Natur, nämlich ***Korksäure*** und ***Bernsteinsäure***, welche letztere auf diese Weise auch aus dem Wallrath erhalten wird.

Auf Elaïnsäure wirkt die Salpetersäure sehr heftig ein. Nach völliger Auflösung erstarrt die Flüssigkeit zu einem Magma, bestehend aus Korksäure, die ausgewaschen und durch Umkrystallisiren aus Wasser gereinigt wird (siehe Lignin). In dem Waschwasser ist eine andere, schmelzbare und wie Benzoësäure sublimirbare Säure, die *Pimelinsäure* $= \dot{H} + C^{7}H^{5}O^{3}$, enthalten. Die erste saure Mutterlauge enthält eine dritte, der vorigen ähnliche Säure, die

*Adipinsäure* $+\dot{H}^2+C^{14}H^9O^7$, und noch eine vierte, in grofsen Blättern krystallisirende Säure, die *Lipinsäure.*

*Salpetrige Säure* verwandelt die liquide Elaïnsäure in feste Elaïdinsäure. Diese Wirkung wird durch eine sehr geringe Menge salpetriger Säure hervorgebracht. Leitet man den Dampf von salpetriger Säure einige Minuten lang durch Elaïnsäure, so gerinnt sie nach einiger Zeit zu einer grofsblättrig krystallinischen Masse von Elaïdinsäure. Sie wird mit heifsem Wasser ausgewaschen und in ihrem gleichen Volum Alkohol gelöst, woraus sie in kurzer Zeit krystallisirt. Ihre Bildung ist noch nicht erklärt; mit ihr entsteht zu gleicher Zeit eine gelbe, noch nicht untersuchte Materie.

Die *Elaïdinsäure* $=\dot{H}^2+C^{70}H^{66}O^5$, krystallisirt in glänzend weifsen, weichen Blättern, schmilzt bei $+45^\circ$, erstarrt krystallinisch, in Alkohol sehr leicht löslich, geschmack- und geruchlos, grofsentheils unzersetzt destillirbar. Das *Natronsalz* krystallisirt aus Alkohol in feinen atlasglänzenden Prismen.

*Elaïdin* oder *elaïdinsaures Glycerin* entsteht durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Elaïn oder elaïnhaltige liquide Oele, welche dadurch zu Elaïdin erstarren. Durch Auskochen mit Alkohol wird es gereinigt. Es ist ein farbloses, stearinartiges Fett, schmilzt bei $+32^\circ$, ist in Alkohol unlöslich, in Aether in allen Verhältnissen löslich.

## Einwirkung höherer Temperaturen auf die Fette.

Bis zum Sieden erhitzt, werden die Fette im Allgemeinen zerlegt in fette Säuren, welche überdestilliren, und in verschiedene andere, sich mit verflüchtigende Körper, die wenigstens zum Theil Zerstörungsproducte des Glycerins sind und worunter besonders einer (das Akroleïn) durch seinen heftigen, die Augen stark reizenden Geruch ausgezeichnet ist. Die stearinhaltigen Fette geben nicht Stearinsäure, sondern Margarinsäure; Baumöl giebt als Hauptproduct Margarinsäure.

Die Elaïnsäure wird bei der Destillation ganz zersetzt

in Kohlensäure, in einen liquiden Kohlenwasserstoff, in eine besondere Säure, die Fettsäure, und in Kohle.

Die *Fettsäure* $= \dot{H} + C^{10} H^{8} O^{3}$, entsteht allein nur aus der Elaïnsäure. Sie ist stets in den Destillationsproducten der elaïnhaltigen Fette enthalten. Sie ist in Wasser löslich, man erhält sie daher durch Auskochen solcher Destillationsproducte mit Wasser. Sie ist krystallisirbar und sublimirbar, und hat überhaupt die gröfste Aehnlichkeit mit Benzoësäure.

Stearinsäure giebt bei der Destillation Margarinsäure, Margaron und Wasser. Aber durch secundäre Zersetzung des Margarons entstehen dabei noch Kohle, Kohlensäure und ein ölartiger Kohlenwasserstoff. 2 Atome wasserhaltige Stearinsäure geben 3 At. Margarinsäure, 1 At. Margaron und 1 At. Wasser.

Das *Margaron* $= C^{34} H^{34} O$, wird am besten erhalten durch Destillation der Margarinsäure mit einem Ueberschufs von Kalk. 2 At. Margarinsäure zerfallen dabei in 1 At. Margaron, 2 At. Kohlensäure, 1 At. Wasser und einen liquiden Kohlenwasserstoff $= C^{32} H^{32}$. — Das Margaron ist weifs, perlmutterglänzend, pulverisirbar, in Alkohol sehr wenig löslich, bei 77° schmelzbar. Durch Alkalien wird es nicht verändert. Es kann als die niedrigste Oxydationsstufe des Radicals der Stearin- und Margarinsäure betrachtet werden.

## VIII. Flüchtige Oele.

*Vorkommen.* In allen riechenden Pflanzen, in den verschiedensten Theilen derselben, meist eingeschlossen in besonderen Zellen; in sehr ungleicher, mehrentheils geringer Menge.

*Gewinnung.* Einige durch Auspressen, die meisten durch Destillation der Pflanze oder des Pflanzentheils mit Wasser; bei dem Sieden mit dem Wasser dunsten sie, ungeachtet ihr Siedepunkt viel höher als + 100° ist, in dem Wassergas ab, werden bei der Abkühlung mit ihm condensirt und trennen sich wieder von dem Wasser, entweder darauf schwimmend oder darin untersinkend.

*Eigenschaften.* Theils liquide, theils feste Körper; die meisten liquiden sind gelb gefärbt, im reinen Zustande sind sie wahrscheinlich, mit wenigen Ausnahmen, alle farblos. Sie haben einen starken und sehr verschiedenen Geruch und brennenden Geschmack, sie fühlen sich nicht fettig an, die meisten schwimmen auf Wasser. Der Siedepunkt der meisten ist bei ungefähr +160°.

In Wasser sind sie wenig löslich. Auflösungen der Art sind die bei der Gewinnung der flüchtigen Oele mit übergehenden Wasser (Aquae destillatae). In Alkohol sind sie löslich. Sie verbrennen mit leuchtender, rufsender Flamme. An der Luft verdicken sie sich und verwandeln sich nach und nach, unter starker Sauerstoff-Absorption, in harzartige Körper. Von Chlor, Jod und Säuren werden sie auf mannigfaltige Weise verändert. Einige verbinden sich mit Salzbasen.

Die meisten flüchtigen Oele, so wie sie erhalten werden, sind Gemenge von verschiedenen flüchtigen Körpern, von denen häufig der eine bei gewöhnlicher Temperatur fest ist und sich beim Abkühlen des Oels absetzt oder vorzugsweise erstarrt. Den festen Theil nennt man dann *Stearoptén*, den liquiden *Elaeoptén*. Nicht selten enthalten aufserdem die flüchtigen Oele noch andere krystallisirbare Körper, deren Zusammensetzung zu der des Oels oft in einer bestimmten Beziehung steht, und die wahrscheinlich durch Einflufs des Wassers und der Luft aus dem Oel erst entstanden sind.

Einige flüchtige Oele bestehen blofs aus Kohlenstoff und Wasserstoff und zwar alle in dem relativen Verhältnifs von $C^5 H^4$. Die meisten aber enthalten Sauerstoff. Manche sauerstoffhaltige können durch Einwirkung von wasserfreier Phosphorsäure, indem ihr Sauerstoff mit Wasserstoff als Wasser abgeschieden wird, in sauerstofffreie Oele verwandelt werden.

### A. Sauerstofffreie flüchtige Oele.

1. *Terpenthinöl*, erhalten durch Destillation des Terpenthins mit Wasser, welcher dabei zerlegt wird in überdestillirendes Oel und zurückbleibendes Harz. Das im Han-

del vorkommende Oel ist unrein; durch Destillation mit Wasser und nachherige Behandlung mit Chlorcalcium erhält man es rein.

Das reine Terpenthinöl ist farblos, dünnflüssig, eigenthümlich riechend, von 0,86 spec. Gewicht und +156°,8 Siedepunkt. Es besteht aus:

| | | Atome. | |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — 88,27 | — 5 | $= C^5 H^4$ |
| Wasserstoff | — 11,73 | — 8 | |
| | 100,00 | | |

Oder aus:

| | | |
|---|---|---|
| 5 Vol. Kohlengas | $= 5 \times 0,83048$ | $= 4,1524$ |
| 8 Vol. Wasserstoffgas | $= 8 \times 0,0688$ | $= 0,5504$ |
| 1 Volumen Terpenthinölgas | | $+ 4,7028$ |

Es absorbirt *Salzsäuregas* in grofser Menge und bildet damit eine liquide und eine feste Verbindung.

Die *feste Verbindung* krystallisirt bei vorsichtiger Sublimation oder aus Alkohol in farblosen, glänzenden, durchsichtigen Krystallen, riecht wie Campher, ist leicht schmelzbar, schwimmt auf Wasser und besteht aus:

| | | | Atome. |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 69,64 | — 20 |
| Wasserstoff | — | 9,83 | — 34 |
| Chlor | — | 20,53 | — 2 |
| | | 100,00 | |

Sie kann also betrachtet werden als eine Verbindung von Chlorwasserstoff mit einem Kohlenwasserstoff, welcher eine polymerische Varietät vom Terpenthinöl ist, d. h. dieselbe procentische Zusammensetzung wie das Terpenthinöl hat, aber die 4fache Anzahl von Atomen enthält. Wird die Verbindung wiederholt mit kaustischem Kalk destillirt, so wird der Körper $C^{20}H^{16}$ als ein dem Terpenthinöl sehr ähnliches Oel abgeschieden, welches mit Salzsäuregas wieder vollständig krystallisirt.

Die *liquide Verbindung* ist im reinen Zustande ein farbloses, neutrales, auf Wasser schwimmendes Oel, welches ebenfalls einen mit dem Terpenthinöl procentisch gleich zusammengesetzten Kohlenwasserstoff enthält. — Eine ähn-

liche isomerische Umsetzung erleidet das Terpenthinöl durch Einwirkung concentrirter Schwefelsäure.

Aus altem Terpenthinöl, so wie bei längerer Berührung von Terpenthinöl mit verdünnten Säuren, setzt sich ein, ohne Zweifel durch Assimilation von Wasser gebildeter, sehr regelmäſsig krystallisirender Körper ab; er besteht aus:

| | | | | Atome. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 69,81 | — | 5 |
| Wasserstoff | — | 11,59 | — | 10 |
| Sauerstoff | — | 18,60 | — | 1 |

Er ist entweder $C^5H^5 + O$ oder $C^5H^4 + \dot{H}$.

Er ist geruch- und geschmacklos, bei +150° schmelzbar und unverändert destillirbar, in Wasser und Alkohol löslich, woraus er in Verbindung mit 1 At. Wasser krystallisirt, welches beim Erhitzen weggeht. In Salzsäuregas wird er flüssig und verwandelt sich in einen angenehm riechenden ölartigen Körper $= C^{20}H^{18}Cl$.

2. *Citronenöl,* durch Pressen aus den Citronenschalen. Das käufliche ist blaſsgelb, das rectificirte farblos, von starkem Citronengeruch, 0,847 spec. Gew. und +167° Siedepunkt. Es hat absolut dieselbe procentische Zusammensetzung wie das Terpenthinöl. Mit Salzsäure bildet es eine flüssige und eine krystallisirbare Verbindung. Letztere ist $= C^{10}H^9Cl$. — Auch die Oele aus den ***Pomeranzen***- und den ***Apfelsinen-Schalen*** sind, ungeachtet ihres verschiedenen Geruchs, nach der Formel $C^5H^4$ zusammengesetzt.

3. *Wachholderöl,* durch Destillation der zerquetschten Wachholderbeeren mit Wasser. Farblos, nach Wachholder riechend und schmeckend. Besteht aus zweierlei Oelen von verschiedener Flüchtigkeit, beide Varietäten von $C^5H^4$.

4. *Sadebaumöl,* in sehr groſser Menge in den Beeren von Juniperus Sabina, farblos, ebenfalls $C^5H^4$.

5. Nach derselben Formel zusammengesetzte Oele sind im ***Elemiharz,*** im ***Copaïvabalsam,*** im schwarzen ***Pfeffer,*** in den ***Cubeben,*** in den ***Gewürznelken*** enthalten.

## B. Sauerstoffhaltige flüchtige Oele.

1. *Campher.* Es giebt 2 Arten von Campher, die man durch die Namen Borneo- und Japan-Campher unterscheidet.

*a. Borneocampher*, $C^{10}H^{9}O$, wird auf Borneo und Sumatra von Dryobalanops Camphora erhalten. Er findet sich zum Theil in fester krystallinischer Form in den Markhölen der älteren Bäume in Begleitung eines flüchtigen Oels, welches in gröfserer Menge in den jungen Bäumen enthalten ist und nach gemachten Einschnitten ausfliefst. Dieser Campher ist dem folgenden sehr ähnlich, ist aber spröder, riecht zugleich campher- und pfefferartig, schmilzt bei 198° und siedet bei 212°. Durch Erhitzen mit Salpetersäure wird er in Japancampher verwandelt. Mit wasserfreier Phosphorsäure erwärmt, wird er getheilt in Wasser und ein Oel $= C^{10}H^{8}$. Diese Campherart kann aus dem sauerstofffreien Theil des Valerianaöls hervorgebracht werden, dadurch dafs man es mit kaustischer Kalilauge in Berührung läfst und nachher destillirt. — Das den Campher begleitende Oel, nachdem es von dem darin aufgelösten Campher befreit ist, hat ebenfalls die Zusammensetzung $= C^{10}H^{8}$. Es riecht dem Terpenthinöl ähnlich und siedet bei 165°.

*b. Japancampher*, $C^{10}H^{8}O$, wird in Japan und China aus allen Theilen von Laurus Camphora durch Destillation gewonnen. Farblose, durchscheinende zähe Massen von eigenthümlichem Geruch und Geschmack. Krystallisirt leicht in stark lichtbrechenden, glänzenden Krystallen sowohl bei der Sublimation, als aus der Auflösung in Alkohol. Schwimmt auf Wasser, schmilzt bei +175°, siedet bei +204°. Verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, daher das Rotiren kleiner Campherstückchen auf Wasser. Leicht entzündbar. In Wasser wenig löslich, leicht löslich in Alkohol, Aether und Oelen. Er verbindet sich mit der Salpetersäure, Essigsäure und Chlorwasserstoffsäure zu liquiden Körpern. Mit wasserfreier Phosphorsäure destillirt, zerfällt er in Wasser und ein flüchtiges Oel, welches $C^{10}H^{7}$ ist.

Diese Campherart kann aus dem Valeriana- und Salbeiöl

letztere Oel erzeugt sich nebst anderen Producten ganz besonders durch Einwirkung von Salpetersäure auf das Zimmtöl. Es bildet damit eine farblose, krystallinische Substanz, die sich mit Wasser in Säure und das Oel $C^{18}H^{8}O^{2}$ zerlegt, welches sich direct wieder mit Salpetersäure vereinigen kann und sich an der Luft in Zimmtsäure verwandelt. Mit Salpetersäure gekocht, wird das Zimmtöl in Bittermandelöl und Benzoësäure verwandelt.

*Zimmtsäure*, $\dot{H}+C^{18}H^{7}O^{3}$, entsteht durch allmählige Oxydation des Zimmtöls an der Luft, ist daher in der Zimmtrinde enthalten und setzt sich aus altem Zimmtöl in Krystallen ab. Ferner entsteht sie durch Einwirkung von Kalilauge auf Perubalsamöl.

Der ***Perubalsam***, der in Mexico und Peru durch Auskochen oder Ausschwälen der Zweige und Rinde von Myroxylon peruiferum erhalten wird, ist ein dickes, dunkelbraunes, vanilleartig riechendes Liquidum. Mit Kalilauge gelinde erwärmt, scheidet sich daraus ein Oel ab, das ***Cinnameïn*** $=C^{14}H^{7}O^{2}$. Es sinkt in Wasser unter, ist fast farblos und geruchlos. Mit Salpetersäure oder Bleisuperoxyd bildet es Bittermandelöl. Mit Alkalien gekocht, zerfällt dieses Oel in einen farblosen, ölartigen Körper, das ***Peruvin*** $=C^{18}H^{13}O^{2}$, und in Zimmtsäure. Das Peruvin schwimmt auf Wasser und riecht angenehm. Die übrigen Bestandtheile und Zersetzungsproducte des Perubalsams sind weniger genau bekannt. Von ähnlicher Natur ist der ***liquide Storax*** (durch warmes Auspressen aus der Rinde von Styrax officinalis in Griechenland), und der ***Tolubalsam*** aus Myroxylon toluiferum, welcher aufserdem etwas Benzoësäure enthält.

Zur Darstellung der Zimmtsäure löst man Perubalsamöl in einer warmen Lösung von Kalihydrat in Alkohol auf, verdunstet zur Trockne, löst das zimmtsaure Kali in siedendem Wasser und mischt dann Salzsäure im Ueberschufs zu, wodurch die Zimmtsäure als weifse Masse gefällt wird. Aus Alkohol krystallisirt sie in glänzend weifsen Blättern oder Prismen, von schwachem aromatischem Geschmack, in Wasser schwer löslich, bei $+137^{\circ}$ schmelzbar und subli-

mirbar. Mit Salpetersäure destillirt, giebt sie flüchtiges Bittermandelöl. — Aus dem Storax erhält man sie durch Auskochen mit kohlensaurem Natron, wobei sie als Natronsalz aufgelöst wird. In dem Rückstand bleibt ein aus Alkohol krystallisirender, bei +40° schmelzender Körper, das *Styracin* $= C^{24}H^{11}O^{2}$, welches, mit kaustischer Kalilauge gekocht, in ein angenehm riechendes, schweres flüchtiges Oel (*Styracon*) und in Zimmtsäure zerfällt.

5. *Gewürznelkenöl*, aus den Gewürznelken, den noch unentwickelten Blüthenknospen von Caryophyllus aromaticus. Farblos oder gelblich, an der Luft bräunlich werdend, von starkem Geruch und brennendem Geschmack, 1,061 spec. Gewicht.

Das Nelkenöl besteht aus 2 Oelen, einem leichten wie Terpenthinöl zusammengesetzten, und einem schweren von 1,079 spec. Gewicht und +243° Siedepunkt, welches mit Basen krystallisirbare Verbindungen bildet. Es ist $= \dot{H} + C^{24}H^{14}O^{4}$? Man trennt beide Oele durch Destillation des rohen Oels mit Kalilauge, wobei das schwere, das eigentliche Nelkenöl, mit Kali verbunden zurückbleibt, woraus es nachher durch Schwefelsäure abgeschieden wird.

*Caryophyllin*, $C^{20}H^{16}O^{2}$, also procentisch gleich zusammengesetzt mit Campher, ein farb- und geruchloser, krystallinischer Körper, den man durch Alkohol besonders aus den ostindischen Gewürznelken ausziehen kann.

*Eugenin*, $C^{20}H^{12}O^{4}$? setzt sich aus dem über Gewürznelken destillirten Wasser in feinen, farblosen Blättchen ab.

6. *Anisöl*, aus Anis. Farblos oder gelblich, von starkem Anis-Geruch und Geschmack, 0,9857 spec. Gew. Enthält meist so viel Stearopten, daſs es bei gewöhnlicher Temperatur erstarrt. Das Stearopten, erhalten durch Auspressen des bis zu 0° abgekühlten Oels, krystallisirt in farblosen Blättern, schmilzt bei +20°, sinkt in Wasser unter und ist $= C^{10}H^{6}O$. Mit verdünnter Salpetersäure gekocht, bildet es eine der Camphersäure ähnliche, in farblosen Prismen sublimirbare Säure, die *Anissäure* $= \dot{H} + C^{16}H^{7}O^{5}$. Dieselbe Säure entsteht auch auf gleiche Weise aus dem Esdragonöl.

7.

7. *Cajeputöl*, $C^{10}H^{9}O$, aus den Blättern von Melaleuca Leucadendron auf den Molucken. Im rohen Zustande grün gewöhnlich von Kupfer, nach der Rectification farblos, von terpenthin- und campherartigem Geruch.

8. *Fenchelöl*, aus dem Fenchel-Samen. Farblos, schmeckt und riecht wie Fenchel, von 0,997 spec. Gew. Erstarrt bei +10° krystallinisch. Das sich abscheidende Stearopten ist identisch mit dem aus Anisöl.

9. *Chamillenöl*, aus den Chamillenblumen. Dunkelblau, fast undurchsichtig, dickflüssig, von Chamillengeruch.

10. *Kümmelöl*, aus dem Kümmelsamen (Carum carvi); Farblos, von starkem Kümmelgeruch und Geschmack. Es besteht aus zwei Oelen. Verschieden davon ist das *Römisch-Kümmelöl* (von Cuminum Cyminum). Es enthält ein sauerstofffreies Oel und als Hauptbestandtheil ein Oel, welches $C^{20}H^{12}O^{2}$ ist. Mit schmelzendem Kalihydrat in Berührung gebracht, verwandelt es sich, unter Wasserstoffgas-Entwickelung, in eine der Benzoësäure ähnliche Säure, die *Cuminsäure* $=\dot{H}+C^{20}H^{11}O^{3}$.

11. *Lavendelöl*, aus dem Kraut. Farblos, dünn, von 0,877 spec. Gew., $=C^{15}H^{14}O^{2}$ $(=3C^{5}H^{8}+2\dot{H})$. Enthält oft viel von einem Stearopten, das mit Campher identisch sein soll. Eine Varietät davon ist das *Spieköl*.

12. *Pomeranzenblüthöl*. Gelb, später gelbroth werdend, von sehr angenehmem Geruch, leichter als Wasser. Besteht aus zweierlei Oelen, wovon das eine hauptsächlich in dem mit überdestillirten Pomeranzenblüthwasser aufgelöst bleibt.

13. *Pfeffermünzöl*, aus dem Kraut. Blafsgelb, von brennendem Pfeffermünz-Geschmack und Geruch. Leichter als Wasser. Enthält sehr ungleiche Mengen von Stearopten, ist bisweilen bei gewöhnlicher Temperatur zu einer prismatisch krystallinischen Masse erstarrt. Dieses Stearopten ist $=C^{10}H^{10}O$, es schmilzt bei 34° und siedet bei 213°.

14. *Rosenöl*, aus den Blumenblättern. Farblos, von höchst intensivem Rosengeruch, leichter als Wasser. Setzt schon bei gewöhnlicher Temperatur ein Stearopten in grofsen Blättern ab. Dieses ist geruchlos, schmilzt bei +35°, ist

in Alkohol sehr schwer löslich, enthält keinen Sauerstoff, sondern ist eine polymerische Varietät von CH.

15. *Spiraeaöl*, siehe Salicin S. 92.

16. *Bittermandelöl*, siehe Amygdalin S. 77.

17. *Senföl*, siehe S. 81.

18. *Fuselöl*, *a*) Kornöl, $C^{24}H^{17}O$. Bei der Branntwein-Gewinnung aus Getreide geht besonders zuletzt ein übelriechendes, talgartiges Fett über, welches ein Gemenge von Oenanthsäure, oenanthsaurem Aether, Margarinsäure und Kornfuselöl ist. Letzteres ist ein farbloses, stark riechendes Oel.

*b*) Kartoffelöl, $C^{10}H^{12}O^2$; vielleicht $C^{10}H^{11}O+\dot{H}$. Wird bei weiterer Destillation des Rückstandes von der Gewinnung des Kartoffelbranntweins oder des Rückstandes von der Rectification dieses Branntweins erhalten. Das rohe Oel ist alkoholhaltig. Das reine Oel ist farblos, dünn, von betäubendem und unangenehmem Geruch, brennendem Geschmack, +132° Siedepunkt und 0,818 spec. Gewicht, in Wasser unlöslich, mit Alkohol mischbar. Es scheint sich, unter Abscheidung von 1 At. Wasser, mit Säuren zu verbinden. Mit festem Kalihydrat erhitzt, verwandelt es sich, unter Wasserstoffgas-Entwickelung, in Valeriansäure (s. S. 53.). — Diese Oele sind die Ursache des Fusel-Geschmacks und Geruchs des Branntweins.

Es giebt aufserdem noch eine grofse Anzahl zum Theil durch ihre Anwendung merkwürdiger flüchtiger Oele und stearoptenartiger Körper, von denen aber die meisten noch nicht näher untersucht sind.

## IX. Harze.

*Vorkommen.* Sehr verbreitet, in den verschiedensten Pflanzentheilen.

*Gewinnung.* Die meisten Harze fliefsen, mit flüchtigen Oelen verbunden, aus zufälligen oder absichtlich gemachten Verletzungen besonders aus Bäumen aus.

*Eigenschaften.* Die rohen Harze sind niemals krystallisirt, sie haben mehrentheils eine getropfte Form, wie

Gummi, sind gefärbt, meist gelb oder braun, durchscheinend, spröde, von glänzendem Bruch, oft schwach riechend und schmeckend. Im reinen Zustande sind sie farblos, geruchlos und geschmacklos, mehrere sind dann krystallisirbar. Sie sind schmelzbar, brennbar, nicht flüchtig, Nichtleiter für Electricität, in Wasser unlöslich. Sie sind löslich in Alkohol, in Aether und flüchtigen Oelen, jedoch sehr verschieden.

Jedes natürlich vorkommende Harz besteht aus mehreren einfachen Harzen, in die es durch Behandlung mit verschiedenen Lösungsmitteln zerlegt werden kann. Es ist noch nicht ermittelt, ob gewisse dieser einfachen Harze allgemeiner vorkommende Bestandtheile der Harze überhaupt ausmachen. Man unterscheidet die einzelnen Harze in einem gemengten rohen Harz durch die Bezeichnungen Alpha-, Beta-, Gamma-, etc. Harz.

Die meisten Harze sind schwache Säuren und verbinden sich, ohne Veränderung ihrer Zusammensetzung, mit den Salzbasen.

Die Anzahl der Harze ist sehr grofs. Nur einige der durch ihre technischen oder pharmaceutischen Anwendungen wichtigen sind näher untersucht.

1. *Colophon,* Pinusharz. Aus den Tannen, Fichten, Lerchen und anderen Pinus-Arten fliefst nach gemachten Einschnitten ein dickes, zähes Liquidum aus, der *Terpenthin.* Er ist eine Verbindung von Terpenthinöl mit Harz. Er ist gelb, theils klar, theils unklar, schmeckt bitter und riecht nur schwach. An den Bäumen selbst erhärtet er nach und nach zu Harz, theils durch Abdunstung, theils durch Oxydation des Oels. Mit Wasser destillirt, geht das Terpenthinöl über, das Harz bleibt zurück; es ist bekannt unter dem Namen Colophonium.

Das Colophon ist gelblich braun, durchscheinend, spröde, schmelzbar, in Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen leicht löslich. Es besteht aus zweierlei Harzen, die aber in dem käuflichen Colophon durch das Schmelzen bereits verändert sind. Im unveränderten Zustand erhält man sie am besten aus dem an den Bäumen eingetrockneten Fichtenharz. Man zieht das gepulverte Harz mit 72procenti-

gem kaltem Alkohol aus, welcher das Alphaharz auflöst, das Betaharz zurückläfst.

*Alphaharz* (Pininsäure). Man fällt es aus der Lösung durch Wasser. Nicht krystallisirbar. Nach dem Schmelzen sieht es wie Colophon aus, ist sehr leicht löslich in Alkohol, Aether und Terpenthinöl; diese Lösungen reagiren sauer. Es verbindet sich mit Basen; das Kali-Resinat, erhalten durch Digestion des Harzes mit Kalilauge, ist harzartig, in Kalilauge unlöslich, löslich in Wasser. Säuren fällen daraus wasserhaltiges Harz. Durch wechselseitige Zersetzung fällt man die unlöslichen Resinate. Das Alphaharz besteht aus:

| | | Atome. |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 79,77 | 40 |
| Wasserstoff | 9,90 | 60 |
| Sauerstoff | 10,33 | 4 |
| | 100,00. | $C^{40}H^{30}O^{4}$. |

*Betaharz* (Sylvinsäure). Man löst den in kaltem Alkohol unlöslichen Rückstand vom Fichtenharz in heifsem Alkohol, filtrirt heifs und läfst erkalten, wobei das Harz krystallisirt. Durch Umkrystallisiren, namentlich aus etwas Schwefelsäure enthaltendem Alkohol, wird es gereinigt.

Farblose, durchsichtige, gewöhnlich sehr dünne Krystalle, geschmacklos, in Wasser unlöslich, in Alkohol und Aether leicht löslich, sehr wenig löslich in 72procentigem Alkohol. Schmelzbar. Verbindet sich mit Basen.

Es hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie das Alphaharz.

Das von Pinus maritima erhaltene Harz (Galipot) besteht fast ganz aus einem farblosen, krystallisirbaren Harz (Pimarsäure), von derselben Zusammensetzung wie das vorhergehende, jedoch in den Eigenschaften davon verschieden. Es verliert leicht seine Krystallisirbarkeit, ohne Aenderung der Zusammensetzung.

2. *Copaïvaharz.* Aus mehreren in Brasilien wachsenden Copaïfera-Species wird durch Einschnitte der *Copaïvabalsam* gewonnen, ein dem Terpenthin ähnliches, hellgelbes, klares, dickes Liquidum, welches aus Harz und einem flüchtigen Oel besteht.

Das Copaïvaöl ist farblos, dünn, aromatisch riechend, von 0,878 spec. Gew. und +245° Siedepunkt. Es ist wie Terpenthinöl zusammengesetzt, also eine Varietät von $C^5H^4$.

Das vom Oel befreite Harz kann in ausgezeichnet regelmäfsigen, klaren, farblosen Krystallen erhalten werden, wenn man es in Alkohol oder in kaustischem Ammoniak löst und freiwillig verdunsten läfst. Es verbindet sich mit Basen. Es besteht aus $C^{45}H^{35}O^4$. Indessen scheinen die verschiedenen Balsamsorten etwas verschiedene oder veränderte Harze zu enthalten, daher das Harz aus manchen nicht krystallisirt zu erhalten ist.

3. *Elemiharz*, aus mehreren Amyris-Species in Ost- und Westindien. Gelb, durchscheinend, weich, etwas riechend von flüchtigem Oel. Es enthält ein nicht krystallisirbares und ein nur in siedendem Alkohol lösliches, krystallisirbares Harz. Beide sind $=C^{40}H^{32}O^4$. Letzteres wird nur in feinen Krystallnadeln erhalten, und verbindet sich nicht mit Basen. Es ist auch in dem *Anime*- und *Euphorbium-Harz* enthalten.

4. *Betulin*, $C^{40}H^{33}O^3$, in der Birkenrinde. Erscheint als eine wollige Vegetation auf der Rinde, wenn sie allmählig erhitzt wird. Am besten zu erhalten durch Auskochen der äufseren Rinde mit Wasser, Trocknen und Auskochen mit Alkohol, woraus es warzenförmig krystallisirt. Farblos, schmilzt bei +200°, riecht dabei wie die Rinde, ist in einem Luftstrom sublimirbar.

5. *Copal* (Ursprung unsicher, wahrscheinlich zum grofsen Theil von Madagascar). Grofse, äufserlich unklare, im Bruche klare, schwach gelbliche oder gelbe Stücke, öfters mit eingeschlossenen Insekten, hart, spröde, schwerer als Wasser. Schmelzbar, aber unter Veränderung. In Alkohol unlöslich, in Aether aufquellend und löslich. In kaustischem Kali löslich. Uebrigens giebt es verschiedene Copalsorten; sie bestehen aus mehreren schwer trennbaren Harzen.

6. *Mastix*, von Pistacia Lentiscus in Griechenland. Kleine, gelbliche, durchscheinende, rundliche Körner, von schwach aromatischem Geruch und Geschmack. Besteht aus 2 Harzen von verschiedener Löslichkeit in wäfsrigem Alkohol.

7. *Sandarac*, von Thuja articulata. Kleine, blafsgelbe, durchscheinende, spröde Körner, leicht schmelzbar, in Alkohol löslich. Besteht aus 3 Harzen.

8. *Gummilack*, entsteht in Folge des Stichs eines Insekts auf den Zweigen gewisser Bäume in Ostindien. Noch an den Zweigen sitzend heifst es im Handel *Stocklack*, davon abgelöst *Körnerlack*, und im gereinigten geschmolzenen Zustand *Schellack*, in welcher Form es dünne, spröde, braune, durchscheinende Stücke bildet. Das Gummilack enthält noch mehrere Bestandtheile vom Insekte herrührend, namentlich Farbstoff und Fett, und besteht, wie es scheint, aus 5 verschiedenen Harzen, worunter ein krystallisirbares.

9. *Benzoë*, aus einem Baum auf Sumatra. Grofse, spröde Stücke, die im Bruch aus kleineren weifsen und bräunlichen Stückchen zusammengebacken erscheinen. Riecht angenehm vanilleartig, entwickelt beim Schmelzen Dämpfe von Benzoësäure, deren ganzer Gehalt ungefähr 18 Proc. beträgt. Es besteht aus 3 Harzen.

10. *Guajak*, aus einem Baum in Westindien. Grofse, durchscheinende, spröde Stücke, auswendig braun, im Bruche blaugrün. Sein Pulver wird an der Luft oder durch Chlorwasser grün, seine Auflösung in Alkohol durch salpetrige Säure tief blau.

11. *Jalappenharz*, durch Ausziehen mit Alkohol aus der Wurzel von Convolvulus Jalappa. Auswendig graulichbraun, matt, im Bruche gelbbraun, undurchsichtig, schmeckt scharf und bitter.

12. *Drachenblut*, von mehreren Bäumen in Westindien. Kleine dunkelbraune, undurchsichtige Stücke, in Pulver blutroth, mit rother Farbe in Alkohol löslich. Enthält ein wenig Benzoësäure.

13. *Kautschuck*, fliefst nach Einschnitten aus verschiedenen Bäumen in Südamerika als Milchsaft aus, der zu Kautschuck eintrocknet. Der Milchsaft enthält Eiweifs in Auflösung, worin das Harz emulsionsartig suspendirt ist. Beim Erhitzen gerinnt das Eiweifs und die Kautschuckkügelchen kleben damit zu geronnenen Massen zusammen. Reines Kautschuck, wie es im Handel nicht vorkommt, ist

farblos und durchsichtig. Seine characteristischste Eigenschaft ist seine Elasticität. Es ist nicht ohne Zersetzung schmelzbar. In Alkohol ist es unlöslich, in Aether und einigen flüchtigen Oelen löslich. In kaustischem Kali unlöslich. Es enthält keinen Sauerstoff.

14. *Bernstein*, ein in Braunkohlenlagern vorkommendes Harz der Vorwelt. Farblos, mehrentheils gelb oder braungelb, durchsichtig oder durchscheinend, hart, öfters Insekten einschliefsend. Schmelzbar, wobei er sich aber zersetzt und die darin enthaltene Bernsteinsäure sich verflüchtigt. Aufser dieser enthält er eine Spur flüchtiges Oel und zwei in Alkohol und Aether lösliche Harze. Seine Hauptmasse besteht aus einer in Alkohol, fetten und flüchtigen Oelen, sowie kaustischen Alkalien unlöslichen harzartigen Substanz, wahrscheinlich ein verändertes Harz.

*Die Gummiharze*, wichtig durch ihre medicinischen Anwendungen, sind im Allgemeinen Gemenge von Harzen mit Gummi und flüchtigem Oel. Sie fliefsen als Milchsäfte oder Emulsionen aus, welche das Gummi aufgelöst, die Oele und Harze nur suspendirt, und aufserdem häufig noch manche andere Stoffe enthalten. Hierher gehören Ammoniacum, Asa foetida, Euphorbium, Galbanum, Gummigutt, Myrrhe, Opium u. a. Ihre nähere Betrachtung ist Gegenstand der Pharmacognosie.

## X. Chlorophyll.

*Vorkommen.* Die grüne Färbung der Gewächse wird durch in ihren Zellen schwimmende grüne Kügelchen hervorgebracht. Diese sogenannten *Chlorophyllkügelchen* werden durch Aether entfärbt, ohne ganz aufgelöst zu werden. Die Natur der ungelöst bleibenden farblosen Substanz ist unbekannt. Der in dem Aether aufgelöste grüne Stoff wird *Chlorophyll* genannt; überall ist er nur in höchst geringer Menge vorhanden.

*Darstellung.* Frische grüne Blätter werden mit Aether ausgezogen, dieser abdestillirt, der Rückstand mit Alkohol ausgezogen, die grüne Auflösung abdestillirt und aus dem

trocknen Rückstand das Chlorophyll mit concentrirter Salzsäure ausgezogen. Aus der schön smaragdgrünen Lösung wird es durch Wasser gefällt. Es ist dann noch nicht rein, oder ist theilweise verändert. Es wird daher mit einer concentrirten Kalilauge digerirt; bei nachheriger Verdünnung mit Wasser löst sich das reine Chlorophyll auf. Die vom Rückstand abfiltrirte Lösung wird mit Essigsäure gesättigt, wodurch es in schön grünen Flocken gefällt wird.

*Eigenschaften.* Bläulich grüne, nicht schmelzbare Masse, in Wasser unlöslich, in Alkohol, Aether, concentrirter Schwefelsäure und Salzsäure mit schön grüner Farbe löslich, durch Wasser daraus fällbar. Mit grüner Farbe löslich in Alkalien. Von Chlor wird es zuerst in einen gelben, später in einen farblosen fettartigen Körper verwandelt. Im Sonnenlicht wird es gelb. Es scheint dann identisch zu sein mit dem Xanthophyll, der färbenden Substanz der gelben Blätter im Herbst, einem Mittelding zwischen Harz und Fett.

## XI. Lignin.

Alle Pflanzenorgane sind Aggregate von Zellen. Eine Pflanzenzelle ist eine geschlossene Blase von etwa $\frac{1}{50}$ Linie Durchmesser, bestehend aus der Zellen-Membran oder Wand, aus einer darin eingeschlossenen Flüssigkeit und aus Secreten, d. h. festen Substanzen, die aus der Flüssigkeit abgeschieden werden. Diese schwimmen entweder in letzterer, wie z. B. die Stärkekügelchen, oder sie werden an die Zellenmembran abgelagert. Geschieht diese Ablagerung gleichförmig und allmählig in solcher Dicke, dafs dadurch die ganze Zellenhöhle verschwindet, so ist das Secret in den meisten Fällen das, was man *Holz* nennt. Zellen, die sich nicht unmittelbar berühren, sind durch besondere Substanzen zusammengeklebt, oder es bleiben Zwischenräume, die ebenfalls zuweilen mit besonderen Secreten, z. B. mit Harzen, ausgefüllt werden.

Was man im Allgemeinen das Skelett der Pflanzen, und namentlich in den weichen Organen die *Pflanzenfaser*, und in den holzartigen die *Holzfaser* genannt hat, kann

also aus chemisch verschieden zusammengesetzten Stoffen bestehen. Nach den bis jetzt darüber angestellten Untersuchungen scheint die Substanz der Zellenwände ein anderer Stoff zu sein als die Holzsubstanz oder das Lignin.

Baumwolle, Hollundermark, die fleischige Masse saftiger Früchte und Wurzeln etc. sollen blofs aus Zellensubstanz gebildet sein, ohne darauf abgelagerte Holzsubstanz. Durch Maceration derselben mit Salzsäure sollen die anderen Bestandtheile ausgezogen und die Zellensubstanz rein erhalten werden. Aus Holz soll sie erhalten werden durch Maceration feiner Sägespähne mit dem vielfachen Gewicht höchst concentrirter Salpetersäure, wodurch das Lignin aufgelöst werde, die Zellensubstanz aber unangegriffen bleibe, die nachher mit kohlensaurem Natron von der Säure befreit wird. Auf die eine oder die andere Weise dargestellt, hat diese Substanz die Zusammensetzung $= C^{24}H^{21}O^{21}$; sie wird ohne Farbe von concentrirter Schwefelsäure aufgelöst und dabei in Stärkegummi (Dextrin) verwandelt.

Die Holzsubstanz oder das *Lignin* dagegen, welches die Hauptmasse der Hölzer, des Flachses, Hanf's, Stroh's, der Leinwand etc. ausmacht, soll $= C^{35}H^{24}O^{20}$ sein und von Reagentien viel leichter zerstört werden, als die Zellensubstanz. Es ist noch ungewifs, ob nicht das, was für isolirte Zellensubstanz gehalten wird, ein Product der Einwirkung der angewandten Reagentien ist.

Werden befeuchtete Sägespähne oder Baumwolle mit Schwefelsäure benetzt, die mit $\frac{1}{3}$ Wasser verdünnt ist, und die Säure sogleich wieder abgegossen, so wird die Masse nachher, wie Stärke, mit Jod blau.

Sägespähne, Stroh, Leinwand, Baumwolle u. dergl., mit concentrirter Schwefelsäure zusammengerieben, so dafs keine Erhitzung statt findet, verwandeln sich in eine gleichförmige, zähe, wenig gefärbte Masse. Die Auflösung derselben in Wasser enthält ein Gummi und eine der Benzoëschwefelsäure analoge, noch nicht näher gekannte *Ligninschwefelsäure*, die mit Baryt und Bleioxyd lösliche Salze bildet. Kocht man die Lösung viele Stunden lang, so wird das Gummi in Traubenzucker verwandelt.

Dieselben Substanzen mit dem mehrfachen Gewicht Kalihydrat und sehr wenig Wasser erwärmt, werden zerstört und bilden bei ungefähr 200°, bei abgehaltenem Luftzutritt, unter Wasserstoffgas-Entwickelung und ohne Schwärzung der Masse, oxalsaures, essigsaures und kohlensaures Kali. Stärke und Zucker verhalten sich eben so.

Sägespähne, Gummi, Stärke, mit höchst concentrirter Salpetersäure übergossen, lösen sich rasch auf, ohne Zersetzung der Säure. Wird sogleich nachher Wasser zugegossen, so scheidet sich die ganze Menge der angewandten Substanz als ein weiſser, pulveriger, in Wasser unlöslicher, neutraler Körper ab, der Salpetersäure chemisch verbunden enthält, wie es scheint, mit Lignin. Schon bei +180° fängt er Feuer und verbrennt. Papier, in concentrirte Salpetersäure getaucht und wieder abgewaschen, ist in dieselbe Verbindung verwandelt. Läſst man die Auflösung der Stärke etc. in Salpetersäure länger stehen, so wird nachher durch Wasser nichts abgeschieden, indem andere noch nicht näher untersuchte Producte entstanden sind.

Die *Korksäure*, $\dot{H} + C^{8}H^{6}O^{3}$, entsteht, unter andern Producten, durch Auflösen von Rinden, ganz besonders aber von Kork in heiſser, mäſsig concentrirter Salpetersäure. Auf gleiche Weise entsteht sie aus der Stearin- und Elaïnsäure (siehe S. 55). Sie setzt sich aus der heiſs gesättigten Lösung in Wasser als ein weiſses, erdiges, schwach saures Pulver ab, ist schmelzbar und destillirt als ein Oel über, das beim Erkalten krystallinisch erstarrt. In Alkohol und Aether löslich.

*Die sogenannten humusartigen Materien.* In der Dammerde, im Torf, in vermodertem Holz, in den Braunkohlen, in den Pflanzenextracten, im Ruſs, sind als letzte Producte der Zersetzung von Pflanzensubstanzen, namentlich des Lignins, braungefärbte Stoffe enthalten, welche, ungeachtet ihrer allgemeinen äuſseren Aehnlichkeit, sowohl in den Eigenschaften, als in der Zusammensetzung von einander verschieden sind. Sie kommen aber im Allgemeinen zusammen vor und können durch den Einfluſs von Luft, Säuren und Alkalien in einander übergehen.

Dieselben Substanzen werden hervorgebracht, unter gleichzeitiger Bildung von Ameisensäure, wenn Holz, Leinwand und dergl. bei Luftzutritt mit wasserhaltigem Kalihydrat geschmolzen, oder wenn Stärke, Gummi, die beiden Zuckerarten bei Luftzutritt mit verdünnter Schwefel- oder Chlorwasserstoffsäure gekocht werden.

Am leichtesten geschieht ihre Bildung durch Kochen einer mit Schwefelsäure oder Salzsäure vermischten Zuckerlösung *). Die Flüssigkeit bräunt sich bald und setzt ein dunkelbraunes Pulver ab, welches stets wenigstens zwei solcher Körper enthält.

Man hat 4 verschiedene Arten unterschieden:

| | |
|---|---|
| das Ulmin | $= C^{40}H^{16}O^{14}$ |
| die Ulminsäure | $= C^{40}H^{14}O^{12}$ |
| das Humin | $= C^{40}H^{15}O^{15}$ |
| die Huminsäure | $= C^{40}H^{12}O^{12}$. |

Ulmin und Ulminsäure sind braune, Humin und Huminsäure schwarzbraune, geschmacklose Massen. Ulmin und Humin sind in verdünnten Alkalien unlöslich; Ulminsäure und Huminsäure werden davon mit brauner Farbe gelöst und durch Säuren wieder als bräunliche Gallerte gefällt. Ihre Salze sind dunkelbraun. Durch längeres Kochen mit einer weniger verdünnten Säure gehen Ulmin und Ulminsäure in Humin und Huminsäure über.

In der Dammerde, im Torf etc. sind Ulmin- und Huminsäure mit Ammoniak vereinigt enthalten. Durch Auskochen mit kohlensaurem Natron löst sich das Ammoniaksalz unzersetzt mit brauner Farbe auf und kann durch Säuren gefällt werden. Uebrigens sind die natürlich vorkommenden Körper dieser Art in der Löslichkeit und anderen Eigenschaften etwas verschieden von den durch Säuren gebildeten.

*Quellsäure*, $C^{24}H^{12}O^{16}$, ein Product der Verwesung und Fäulnifs der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen im Allgemeinen, daher in Verbindung mit Ammoniak

---

*) 10 Theile Rohrzucker, 1 Theil Schwefelsäure, 30 Theile Wasser.

ein fast beständiger Begleiter der vorhergehenden Körper, so wie auch mancher Mineralwässer und der daraus abgesetzten Ocher. Aus letzteren kann sie durch Kochen mit Kalilauge ausgezogen werden.

Ihre natürlich vorkommende Verbindung mit Ammoniak ist eine blafsgelbe, wenig zusammenziehend säuerlich schmeckende, in Wasser und Alkohol leicht lösliche Masse; ihre Salze sind nicht krystallisirbar. Die Auflösung ihrer Alkalisalze wird an der Luft rasch braun, indem die Säure in einen anderen Körper, die *Quellsatzsäure*, $C^{48}H^{12}O^{24}$, übergeht, die daher überall mit der Quellsäure zusammen vorkommt. Ihre Ammoniak-Verbindung ist eine dunkelbraune Masse, mit brauner Farbe in Wasser löslich.

---

## B. STOFFE, WELCHE NUR IN EINZELNEN PFLANZEN-GENUS ODER -SPECIES VORKOMMEN.

### 1. Amygdalin.

*Vorkommen.* In den bitteren Mandeln, in den Blättern und Beeren von Prunus Laurocerasus, in den Blüthen, der Rinde und den Fruchtkernen von Prunus Padus und wahrscheinlich noch in mehreren anderen Amygdalus- und Prunusarten.

*Darstellung.* Durch Pressen vom meisten fetten Oel befreite Bittermandelmasse wird wiederholt mit neuen Mengen Alkohols ausgekocht, die Flüssigkeit jedesmal siedendheifs filtrirt und von den vermischten Auflösungen ungefähr $\frac{3}{4}$ vom Alkohol abdestillirt. Aus dem Rückstande scheidet sich das Amygdalin nach mehrtägigem Stehen an einem kalten Ort in sternförmigen Krystallisationen aus. Durch Maceration mit Aether und nachheriges Umkrystallisiren aus Alkohol wird es vom fetten Oel befreit.

*Eigenschaften.* Aus Alkohol krystallisirt, bildet es farblose, perlmutterglänzende, feine Krystallschuppen, ohne Geruch, von schwachem bitterem Geschmack. In Wasser leicht löslich, woraus es in gröfseren durchsichtigen Prismen krystallisirt, die 10,57 Proc. oder 6 At. Wasser enthalten. Nicht flüchtig. *Zusammensetzung* $= C^{40} H^{27} N O^{22}$.

*Amygdalinsäure.* Amygdalin, mit einer Auflösung von Kali- oder Barythydrat gekocht, theilt sich in Ammoniak und Amygdalinsäure, $C^{40} H^{26} O^{24}$, die mit der Basis verbunden bleibt. Nicht krystallisirbare, zerfliefsliche saure Masse.

*Bittermandelöl.* Wird Amygdalin, in Wasser aufgelöst, mit einer Auflösung von Mandel-Albumin (Emulsin, Synaptas), sei es aus bitteren oder aus süfsen Mandeln, vermischt, so wird es in Folge einer bis jetzt noch unbekannten Wirkungsweise dieses Albumins in ein blausäurehaltiges flüchtiges Oel, das Bittermandelöl, verwandelt. Aufser der Cyanwasserstoffsäure und dem Oel entstehen hierbei noch Zucker, Wasser und ohne Zweifel noch ein anderes, bis jetzt nicht ausgemitteltes Product. Coagulirtes Albumin ist ohne Wirkung.

Destillirt man bittere Mandeln oder einen der anderen amygdalinhaltigen Pflanzentheile mit Wasser, so geht dieselbe Verwandlung vor sich, das blausäurehaltige Oel geht mit dem Wasser über, und bleibt darin zum Theil aufgelöst (Aqua amygdalarum amararum und Aqua Laurocerasi); zum gröfsten Theil aber scheidet es sich, darin untersinkend, ab.

Dieses Oel ist farblos, oder, wenn es alt ist, goldgelb; es hat einen angenehmen starken Bittermandel-Geruch, und ist durch seinen Blausäure-Gehalt höchst giftig. Durch Schütteln und Destillation mit einem Gemenge von Eisenchlorür, Kalkhydrat und Wasser kann es davon befreit werden.

Das reine, blausäurefreie Oel ist farblos, stark lichtbrechend, dünnflüssig, von eigenthümlichem bittermandelartigem Geruch und brennendem Geschmack, von 1,043 spec. Gew. und +180° Siedepunkt, brennbar, in 30 Th. Wassers löslich, mit Alkohol und Aether mischbar.

*Zusammensetzung* $= C^{14}H^{6}O^{2}$.

Dieses Oel ist dadurch ausgezeichnet, dafs aus seiner Zusammensetzung 1 Aequivalent Wasserstoff weggenommen und durch 1 Aequivalent von Sauerstoff, Chlor, Schwefel, Cyan etc. substituirt werden kann.

1. An der Luft absorbirt es Sauerstoffgas und verwandelt sich gänzlich in krystallisirte Benzoësäure $= C^{14}H^{5}O^{3} + \dot{H}$.

2. Chlorgas wird davon unter Erhitzung und Entwikkelung von Chlorwasserstoffsäuregas absorbirt. Das gesättigte und von der Säure befreite Product ist ein farbloser, ölartiger, höchst durchdringend riechender Körper, $= C^{14}H^{5}O^{2}Cl$. Mit Wasser verwandelt er sich in Benzoësäure und Chlorwasserstoffsäure, mit Ammoniak, unter starker Erhitzung, in Salmiak und *Benzamid*, $= C^{14}H^{7}NO^{2}$, einen dem Oxamid analogen, wohl krystallisirbaren Körper, der sich, in Berührung mit Basen oder Säuren, in Benzoësäure und Ammoniak verwandelt.

3. Wird die Chlorverbindung mit Jodkalium, Cyankalium oder Schwefelkalium destillirt, so entstehen flüchtige Verbindungen, worin das Chlor durch Jod, Cyan oder Schwefel substituirt ist. Brom wirkt direct wie Chlor.

Dieses Verhalten des Bittermandelöls hat zur Annahme

eines dreifach zusammengesetzten Radicals, des *Benzoyl's*, $= C^{14} H^{5} O^{2}$, Veranlassung gegeben. Das Bittermandelöl ist seine Wasserstoff-Verbindung, die Benzoësäure ist die Benzoylsäure, die Chlorverbindung das Benzoylchlorid etc., wie folgende Aufstellung zeigt:

| | | |
|---|---|---|
| Benzoyl | = | $C^{14} H^{5} O^{2}$ |
| Benzoylwasserstoff | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + H$ |
| Benzoylsäure | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + O$ |
| Benzoylchlorid | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + Cl$. |
| Benzoylcyanid | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + Cy$ |
| Benzoylsulfid | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + S$ |
| Benzoylamid | = | $C^{14} H^{5} O^{2} + NH^{2}$. |

Nach einer anderen Ansicht, nach welcher die Annahme von sauerstoffhaltigen Radicalen nicht zulässig ist, besteht das eigentliche Benzoyl, analog den hypothetischen Radicalen anderer organischer Körper, aus $C^{14} H^{5}$, und die Zusammensetzung der aus dem Bittermandelöl durch Ausscheidung von Wasserstoff entspringenden Verbindungen mufs durch die folgenden Formeln ausgedrückt werden:

| | | |
|---|---|---|
| Benzoyl | — | $C^{14} H^{5}$ |
| Benzoësäure | — | $C^{14} H^{5} + 3O$ |
| Chlorbenzoyl | — | $2(C^{14} H^{5} O^{3}) + C^{14} H^{5} Cl^{3}$ |
| Schwefelbenzoyl | — | $2(C^{14} H^{5} O^{3}) + C^{14} H^{5} S^{3}$. |

Benzoylchlorid, Benzoylsulfid etc. sind also hiernach Verbindungen der Sauerstoffsäure vom Benzoyl mit der proportionalen Chlor- und Schwefel-Verbindung desselben Radicals, ganz ähnlich dem liquiden Chromchlorid (Th. I. S. 182). Bittermandelöl und Benzamid dagegen gehören nicht in diese Reihe und enthalten andere Radicale.

*Mandelsäure.* Wird eine Auflösung von blausäurehaltigem Bittermandelöl in Wasser mit Salzsäure vermischt und gelinde abgedampft, so bildet sich aus der Blausäure Ammoniak, welches von der Salzsäure gesättigt wird, und Ameisensäure, die mit dem Oel in Verbindung tritt und die Mandelsäure erzeugt. Durch Aether wird letztere aus dem Salmiak ausgezogen. Sie ist krystallinisch, leicht löslich, stark sauer. In Auflösung mit Mangansuperoxyd erhitzt, wird sie in Kohlensäure, Wasser und Bittermandelöl

verwandelt. Sie ist $=\dot{H}+C^{14}H^{7}O^{3}$, oder $=C^{14}H^{5}O^{2}+C^{2}HO^{3}$.

*Benzoïn.* Blausäurehaltiges Bittermandelöl, in einer Auflösung von Kalihydrat in Alkohol aufgelöst, verwandelt sich auf eine noch nicht erklärbare Weise in einen in farblosen Prismen krystallisirenden Körper, das Benzoïn, welches dieselbe procentische Zusammensetzung wie das reine Bittermandelöl hat. Es ist geruchlos, in Wasser schwer löslich, bei $+120°$ schmelzbar.

*Benzil.* Benzoïn in Chlorgas geschmolzen, verliert 1 Aequivalent Wasserstoff und verwandelt sich in Benzil, welches aus Alkohol in grofsen, schwefelgelben Prismen krystallisirt, geruch- und geschmacklos, in Wasser unlöslich und schon bei $+90°$ schmelzbar ist. Es hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie das erste hypothetische Benzoyl, $=C^{14}H^{5}O^{2}$.

*Benzilsäure*, entsteht, wenn Benzil in einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol gelöst und die violette Lösung bis zum Sieden erhitzt wird. Nach Uebersättigung mit verdünnter Salzsäure scheidet sich die Benzilsäure in glänzenden Prismen aus. Löst sich mit tief carminrother Farbe in Schwefelsäure. Ist $=\dot{H}+C^{28}H^{11}O^{5}$.

$C^{14}H^{6}S^{2}$, d. h. Bittermandelöl, worin der ganze Sauerstoff durch Schwefel vertreten ist, entsteht, wenn man Bittermandelöl in Alkohol auflöst und Schwefelammonium zumischt, wo sich nach kurzer Zeit die Verbindung als ein amorphes weifses Pulver abscheidet. Sie ist unlöslich in Wasser und Alkohol, schmilzt leicht und verbreitet dabei sehr unangenehm riechende Dämpfe.

$C^{42}H^{18}N^{2}$ $(=3C^{14}H^{6}+2N)$ entsteht, wenn man Bittermandelöl mit concentrirtem Ammoniak wochenlang in Berührung läfst, wobei es zu einer festen Masse erstarrt, aus der Alkohol verschiedene Producte auszieht, mit Hinterlassung eines weifsen Pulvers, welches die obige Verbindung ist. Aus Aether wird sie in farb- und geruchlosen Prismen krystallisirt erhalten. Sie ist schmelzbar und erstarrt amorph.

Aus

Aus dem Bittermandelöl können unter verschiedenen Umständen noch mehrere andere, neue Körper entstehen, deren Zusammensetzung aber noch nicht mit Sicherheit ausgemittelt ist.

### 2. Senföl.

*Schwarzer Senfsamen* mit Wasser destillirt, giebt ein sehr merkwürdiges flüchtiges Oel, welches nicht im Senf enthalten ist, sondern erst durch den gleichzeitigen Einfluſs des Wassers und einer albuminartigen Substanz (Myrosin) im Senf aus einem Körper erzeugt wird, der eine in Wasser lösliche, krystallisirbare stickstoff- und schwefelhaltige Säure (Myronsäure) zu sein scheint, übrigens noch kaum gekannt ist. Sie ist im Senf mit Kali verbunden. Senf, dessen Albumin (Myrosin) durch Alkohol, Säuren, Alkalien oder siedendheiſses Wasser coagulirt ist, liefert bei der Destillation mit Wasser kein flüchtiges Oel mehr. Es entsteht aber dann, sobald man Myrosin, selbst aus weiſsem Senf dargestellt, zusetzt. Es ist die Ursache der Schärfe des schwarzen Senfs.

Das *flüchtige Senföl* ist farblos, sinkt in Wasser unter und ist durch einen höchst heftigen, zum Thränen reizenden Geruch ausgezeichnet. Auf der Haut erzeugt es rasch Entzündung und Blasen. Sein Siedepunkt ist +143°; beim Verbrennen bildet es schweflige Säure; mit Kalilauge gekocht, entwickelt es Ammoniak und bildet Schwefelkalium und Schwefelcyankalium. Es besteht aus:

| | | | | Atome. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 48,81 | — | 8 |
| Wasserstoff | — | 4,98 | — | 10 |
| Stickstoff | — | 14,12 | — | 2 |
| Schwefel | — | 32,09 | — | 2 |
| | | 100,00. | | |

Es vereinigt sich mit Ammoniak zu einem in farblosen Prismen krystallisirenden, schmelzbaren, in Wasser löslichen, geruchlosen Körper, welcher weder Ammoniak noch Senföl als solche enthält, und sich wie eine organische Base ver-

hält. Sie hat den Namen *Thiosinnamin* erhalten und besteht aus $C^8H^8N^2S^2$.

Durch Digestion mit Wasser und Bleioxydhydrat wird aus dem Thiosinnamin der Schwefel abgeschieden und dasselbe in eine andere Base, das *Sinnamin* $= C^8H^6N^2$, verwandelt. Es krystallisirt, jedoch nur langsam, in farblosen Prismen, ist in Wasser löslich, reagirt alkalisch und ist eine so starke Base, daſs es die Ammoniaksalze zersetzt und Kupfer- und Eisensalze fällt.

Eine dritte Base, das *Sinapolin* $= C^{14}H^{12}N^2O^2$, entsteht unmittelbar aus dem Senföl, wenn man demselben durch Digestion mit Bleioxydhydrat den Schwefel entzieht, wobei die Elemente von Wasser assimilirt und Schwefelblei und kohlensaures Bleioxyd gebildet werden. Es krystallisirt aus Wasser in weichen, glänzenden Blättchen, schmilzt schon in siedendem Wasser, und reagirt alkalisch.

Aehnliche scharfe, blasenziehende, schwefelhaltige Oele können aus dem Meerrettig, dem Knoblauch, den Zwiebeln, dem Löffelkraut, erhalten werden.

*Weiſser Senf* giebt bei der Destillation mit Wasser kein flüchtiges Oel. Er enthält einen im schwarzen Senf nicht, oder nur in sehr geringer Menge vorkommenden Körper, das *Sinapin*. Es bildet kleine, farblose Prismen, ist in Masse voluminös und leicht, schmeckt bitter, senfartig, ist in Wasser und Alkohol mit gelber Farbe löslich und enthält unter seinen Elementen Stickstoff und Schwefel.

Durch den Einfluſs von Wasser und Senf-Albumin wird das Sinapin in Schwefelcyanwasserstoffsäure und einen bis jetzt nicht näher bekannten, sehr scharfen Stoff verwandelt, der die Ursache der Schärfe im weiſsen Senf ist. Auch hier wird diese Wirkung des Albumins durch Coagulation vernichtet.

### 3. Asparagin.

*Vorkommen.* In den Spargeln, den Kartoffeln, der Süſsholzwurzel und ganz besonders in der Wurzel von Althaea officinalis, die schon durch ihren groſsen Gehalt an Pflanzenschleim, Gummi, Stärke und Pectin merkwürdig ist.

*Darstellung.* Die Althäwurzel wird mit kaltem Wasser ausgezogen, die Auflösung durch Abdampfen concentrirt und an einem kalten Ort längere Zeit stehen gelassen, wobei das Asparagin auskrystallisirt.

*Eigenschaften.* Farblose, octaëdrische, ziemlich grofse Krystalle, von schwachem Geschmack, in Wasser schwer löslich, in Alkohol unlöslich. Verliert bei +90° 12,13 Proc. Wasser. Besteht aus $\dot{H} + C^4 H^4 N O^3$.

Beim Erwärmen mit Basen oder Säuren theilt es sich in Ammoniak und *Asparaginsäure*, eine in Wasser schwer lösliche, schwache, in kleinen Blättchen krystallisirende Säure, die $= \dot{H}^2 + C^8 H^5 N O^6$ ist. Wird Asparagin mit Wasser unter höherem Druck bis über +100° erhitzt, so löst es sich zu asparaginsaurem Ammoniumoxyd auf, welches mit 1 At. Krystallwasser dieselbe procentische Zusammensetzung wie das krystallisirte Asparagin hat.

4. Indigo,

*Vorkommen.* In den verschiedenen Species von Indigofera, in Nerium tinctorium, Isatis tinctoria, Polygonum tinctorium, etc.

*Gewinnung.* Hauptsächlich in Ostindien und Südamerika. Die in Blüthe stehende abgeschnittene Pflanze wird mit Wasser ausgezogen, welches nachher an der Luft den Indigo als ein blaues Pulver absetzt, indem derselbe aus dem farblosen, löslichen Zustande, wie er in der Pflanze enthalten ist, in den gefärbten unlöslichen übergeht.

*Eigenschaften.* Der beste kommt im Handel in dunkelblauen, leichten Stücken vor, die durch Reiben einen kupferrothen Glanz annehmen. Die geringeren Sorten sind weniger tief und rein blau, und schwerer. Aufser dem eigentlichen blauen Farbstoff enthält er noch 3 andere Substanzen, Indigleim, Indigbraun, Indigroth, die durch Digestion des gepulverten Indigo's zuerst mit verdünnter Schwefelsäure, dann mit kaustischer Kalilauge und zuletzt mit kochendem Alkohol ausgezogen und dargestellt werden können, übrigens noch nicht genau bekannt sind.

Das *Indigblau* bleibt nach dieser Behandlung zurück.

Es ist noch nicht rein; um es vollkommen rein zu erhalten, vermischt man dasselbe (oder auch guten rohen Indigo) fein gepulvert mit Kalkhydrat, schüttet die Masse in ein mit siedendem Wasser gefülltes Gefäfs, mischt eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul hinzu und verschliefst das mit heifsem Wasser ganz angefüllte Gefäfs luftdicht *). Hierbei wird das Indigblau durch das Eisenoxydulhydrat in farblosen Indigo verwandelt, welcher sich, verbunden mit Kalkerde, auflöst. Die klar gewordene gelbe Auflösung läfst man vermittelst eines Hebers in ein, sehr verdünnte Salzsäure enthaltendes Gefäfs fliefsen, wobei sich durch den Luftzutritt das Indigblau regenerirt und nach starkem Schütteln mit Luft als tief blaues Pulver abscheidet, welches abfiltrirt und ausgewaschen wird.

Das reine Indigblau ist tief blau mit einem Stich in's Purpurfarbene und wird durch Reiben tief kupferroth, metallglänzend. Es ist geschmacklos, geruchlos, in Wasser, Alkohol, verdünnter Salz- und Schwefelsäure unlöslich. Erhitzt schmilzt es und entwickelt ein schön purpurrothes Gas, welches sich zu tief kupferfarbenen Prismen condensirt. Ein grofser Theil wird aber zerstört. Auch aus dem rohen Indigo ist durch Sublimation das krystallisirte Indigblau zu erhalten.

*Zusammensetzung* $= C^{16}H^{5}NO^{2}$ $(= C^{16}H^{4}NO + \dot{H}?)$.

Durch den Einflufs von Wasserstoff oder von Sauerstoff im Ausscheidungszustand, von kaustischem Alkali, Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlor, Brom, kann aus dem Indigo eine grofse Reihe von Verwandlungs-Producten hervorgebracht werden, von denen in dem Folgenden nur einige der merkwürdigsten und genauer untersuchten angeführt sind.

1. *Sogenannter reducirter oder farbloser Indigo*, $= C^{16}H^{6}NO^{2}$. Diefs ist der Körper, der, an Alkali gebunden, in den Pflanzen enthalten ist, woraus der Indigo bereitet wird. Er ist ferner in der obigen durch Kalk und

---

*) 3 Theile Indigblau, 6 Th. ungelöschten Kalk, 4 Th. Eisenvitriol und ungefähr 150 Th. Wasser.

Vitriol bewirkten Auflösung (Indigküpe der Färber) enthalten. Diese Reduction ist noch durch viele andere leicht oxydirbare, selbst organische Stoffe möglich, jedoch stets nur bei Gegenwart von Alkali; so z. B. durch eine Auflösung von Traubenzucker in kaustischem Kali.

Der reducirte Indigo wird isolirt erhalten, wenn man eine solche Auflösung vermittelst eines Hebers unmittelbar, ohne dafs sie mit Luft in Berührung kommen kann, in ausgekochte luftfreie sehr verdünnte Schwefelsäure fliefsen läfst. Er fällt dann in weifsen schimmernden Flocken nieder. Er wird abfiltrirt und mit lange gekochtem Wasser ausgewaschen. Nach dem Trocknen im leeren Raum ist er ein weifses, fein krystallinisches Pulver, geschmacklos, geruchlos, in Wasser unlöslich. An der Luft, namentlich im feuchten Zustand oder in lufthaltigem Wasser, wird er bald wieder blau, und beim Erwärmen verwandelt er sich augenblicklich in purpurblauen Indigo. In Alkalien ist er mit gelber Farbe leicht löslich; an der Luft absorbiren diese Lösungen sehr rasch Sauerstoff und setzen Indigblau ab.

2. *Indigschwefelsäure.* Wasserfreie Schwefelsäure vereinigt sich mit Indigblau zu einer purpurrothen Masse, die sich mit tief blauer Farbe in Wasser löst. Diese höchst intensive blaue Auflösung wird auch mit rauchender Schwefelsäure erhalten, mit der sich das Indigblau unter Erhitzung vereinigt. Diese Masse besteht aus einer Verbindung von Indigblau mit Schwefelsäure und mit Unterschwefelsäure und wahrscheinlich noch anderen Producten. Diese Verbindungen verhalten sich wie Säuren und bilden mit Basen Salze, ohne Abscheidung des Indigblau's. Diese Salze sind blau und auch sonst von den entsprechenden Salzen der Schwefelsäure und Unterschwefelsäure verschieden. Reine Wolle oder Kohle, in die verdünnte Auflösung der blauen Säuren gelegt, schlagen dieselben auf sich nieder, so dafs in der Flüssigkeit nur die freie überschüssige Schwefelsäure bleibt. Aus der blau gefärbten Wolle können sie nicht durch Wasser, wohl aber durch kohlensaures Ammoniak ausgezogen werden. Bei gelinder Wärme verdunstet, hinterläfst diese Auflösung die beiden blauen Ammoniaksalze; sie werden durch

Alkohol getrennt, welcher das unterschwefelsaure auflöst. Die *Indigschwefelsäure* scheint $C^{16}H^{4}NO\ddot{S}+\dot{H}\dddot{S}$ zu sein.

3. *Isatin*, $C^{16}H^{5}NO^{4}$ ($=\dot{H}+C^{16}H^{4}NO^{3}$?), entsteht durch Erwärmen von fein geriebenem Indigblau mit einer mit Schwefelsäure vermischten Auflösung von zweifach-chromsaurem Kali. Dunkel gelbrothe rhombische Prismen von starkem Glanz; in kaltem Wasser schwer, in heifsem und in Alkohol leicht löslich. Nicht flüchtig.

In kaustischem Kali ist es mit dunkler Purpurfarbe löslich, die beim Erwärmen in Gelb übergeht, indem sich das Isatin in *Isatinsäure*, $\dot{H}+C^{16}H^{6}NO^{5}$, verwandelt. Weifses Pulver, in Wasser löslich, bildet gelbe Salze. Beim Erwärmen der Lösung theilt sich die Säure wieder in Isatin und Wasser.

Wird eine Lösung von Isatin mit Ammonium-Sulfhydrat vermischt, so scheidet sich eine in Wasser unlösliche, weifse, pulverige Substanz ab, das *Isatyd* $=C^{16}H^{6}NO^{4}$.

Leitet man in eine siedende Lösung von Isatin in Alkohol Schwefelwasserstoffgas, so wird ein Gemenge von Isatyd und Schwefel gefällt, und in dem Alkohol bleibt eine organische Schwefelverbindung, das *Sulfisatin*, die sich beim Eintropfen dieser Lösung in Wasser abscheidet. Sie ist graugelb, pulverförmig, geschmack- und geruchlos, in Alkohol und Aether leicht löslich. Besteht aus $C^{32}H^{12}N^{2}O^{4}S^{4}$ $=C^{16}H^{6}NO^{4}+C^{16}H^{6}NS^{4}$.

4. *Chlorisatin* und *Bichlorisatin*, entstehen, wenn man eine Auflösung von Isatin mit Chlor sättigt, wobei sie sich in Gestalt eines gelben, flockigen Niederschlags abscheiden. Durch Auflösen in Alkohol und Krystallisiren werden sie getrennt.

Das *Chlorisatin*, $C^{16}H^{4}NO^{4}Cl$ ($=C^{16}H^{4}NO^{3}+\dot{C}l$?), krystallisirt in orangegelben, durchsichtigen, 4seitigen Prismen, schmeckt bitter, ist geruchlos, in kaltem Wasser fast unlöslich, löslich in Alkohol, partiell sublimirbar.

In Kali löst es sich mit rother Farbe. Beim Erhitzen wird die Lösung hellgelb und setzt beim Erkalten ein Kalisalz in glänzenden Blättern ab, welches eine neugebildete

Säure, die *Chlorisatinsäure*, enthält, $=\dot{H}+C^{16}H^{5}NO^{5}Cl$ $(=\dot{H}+C^{16}H^{5}NO^{2}\ddot{C}l?)$. Das *Bleisalz*, gebildet durch Fällung eines anderen Bleisalzes mit dem Kalisalz, ist ein gelber, flockiger Niederschlag, der gleich darauf prachtvoll scharlachroth wird. Das *Kupfersalz*, zuerst ein gelbbrauner Niederschlag, wird gleich nachher blutroth, körnig. Diese Salze zeigen beim Erhitzen eine schwache Feuererscheinung.

Das *Bichlorisatin*, $C^{16}HNO^{4}Cl^{2}$, ist in Eigenschaften und Verhalten dem Chlorisatin höchst ähnlich.

Diese beiden Körper entstehen auch, wenn man Chlorgas in ein Gemenge von Wasser und Indigblau leitet. Es wird dadurch, unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure und Salmiak, in eine rothgelbe aus mehreren Producten gemengte Masse verwandelt, aus welcher jene Körper durch siedendes Wasser ausgezogen werden.

5. *Chloranil*, $C^{6}O^{2}Cl^{2}$ $(=C^{4}Cl^{2}+2\dot{C}?)$, entsteht, neben anderen Producten, durch Einwirkung von Chlorgas auf eine warme Auflösung von Chlorisatin in Alkohol. Es ist sublimirbar in blafsgelben, stark glänzenden Schuppen, ist in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich. Von Kali wird es mit purpurrother Farbe aufgelöst und bildet damit Chlorkalium und ein bräunlich rothes, krystallisirtes Kalisalz $\dot{K}+C^{6}ClO^{3}$. Die darin enthaltene Säure, die *Chloranilsäure*, $(=C^{2}Cl+\dddot{C}?)$ wird durch Salzsäure in gelbrothen Krystallblättchen gefällt.

6. *Anthranilsäure* und *Anilin*. Indigblau löst sich in einer heifsen concentrirten Kalilauge mit gelblich rothbrauner Farbe auf. An der Luft bildet sich an der Oberfläche dieser Lösung wieder Indigblau. Säuren fällen daraus einen voluminösen, braunen, noch nicht genau gekannten Körper (Chrysanilsäure).

Mischt man zu der concentrirten siedenden Lösung des Indigblau's in kaustischem Kali fein geriebenen Braunstein, so bildet sich neben anderen Producten eine Säure, die *Anthranilsäure* $=\dot{H}+C^{14}H^{6}NO^{3}$. Sie ist in kaltem Wasser schwer, in Alkohol und Aether leicht löslich, und krystal-

lisirt sowohl aus der Lösung als bei der Sublimation, wobei sie schmilzt, in glänzenden farblosen Blättern. In stärkerer Hitze zerlegt sie sich in Kohlensäure und in:

*Anilin*, $C^{12}H^{7}N$, eine organische Salzbase, die auch im Steinkohlentheer und in den Producten von der trocknen Destillation des Indigo's enthalten ist. Es ist ein farbloses, öläahnliches Liquidum von starkem Geruch, in Wasser wenig löslich, von 1,028 spec. Gew. und 228° Siedepunkt. Bildet mit den Säuren krystallisirte Salze.

7. *Anilsalpetersäure*, (Indig- oder Anilsäure), $= \dot{H} + C^{14}H^{4}O^{4}\dddot{N}$?, entsteht, neben anderen Producten, wenn Indigo in sehr verdünnter erwärmter Salpetersäure aufgelöst wird, wobei er sich mit der Säure zersetzt. Nach dem Concentriren krystallisirt die entstandene Verbindung heraus. — Farblose Prismen, von säuerlich bitterem Geschmack, schmelzbar und sublimirbar, in Wasser sehr schwer löslich. Bildet krystallisirbare, beim Erhitzen schwach detonirende Salze.

8. *Pikrinsalpetersäure*, $\dot{H}\dddot{N} + C^{12}H^{2}NO^{3}\dddot{N}$, entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf die vorhergehende Verbindung, oder durch Auflösung von Indigo, so wie auch einiger anderer organischer Körper, in concentrirter Salpetersäure. — Krystallisirt in gelben, stark glänzenden Prismen, von sehr bitterem Geschmack. Schmelzbar und sublimirbar. Rasch erhitzt verbrennt sie mit Flamme. In Wasser schwer löslich mit gelber Farbe. Wird weder durch Chlor noch Säuren verändert. Phosphor damit erhitzt, verbrennt unter Explosion. Mit den Basen bildet sie gelbgefärbte, krystallisirte Salze, die beim raschen Erhitzen, zum Theil auch durch Stofs, heftig explodiren, so besonders das Kalisalz.

## 5. Eigenthümliche Stoffe in den Flechten.

Verschiedene Flechten enthalten eigenthümliche, mehrentheils krystallisirbare, stickstofffreie Stoffe, im Allgemeinen ausgezeichnet durch die Eigenschaft, sich bei Gegenwart von Luft, Wasser und Ammoniak in blau oder roth

gefärbte stickstoffhaltige organische Verbindungen zu verwandeln. Die genauer untersuchten sind folgende:

1. *Lecanorin*, $C^{18}H^{8}O^{8}$, besonders in Variolaria lactea. Man erhält es durch Ausziehen der Flechte mit Aether. Nach dem Abdestilliren desselben bleibt es als ein grünlich gefärbter Brei von feinen Krystallen zurück, die man mit kaltem Aether abwäscht und durch Krystallisiren aus siedendem Alkohol farblos erhält. In Wasser unlöslich. Lange Zeit damit gekocht, verwandelt es sich in Kohlensäure und in Orcin. Auf gleiche Weise zerlegt es sich beim Erhitzen für sich, ganz besonders aber in Berührung mit den Lösungen der kaustischen Alkalien. Eine gesättigte Lösung in Barytwasser, bis zum Sieden erhitzt, setzt sogleich kohlensauren Baryt ab und enthält dann nichts als Orcin. Eine Lecanorinlösung, mit Ammoniak versetzt, wird an der Luft prachtvoll roth.

2. *Orcin*, $C^{16}H^{8}O^{4}$. Aus der Variolaria dealbata erhält man es durch Auskochen mit Alkohol, Abdestilliren der Lösung bis zum Extract und Ausziehen des Orcins mit Wasser. Wahrscheinlich entsteht es hier erst aus Lecanorin. — Krystallisirt aus der syrupdicken Auflösung in großen quadratischen Prismen von blaſs gelblichröthlicher Farbe, die Wasser enthalten, das bei 100°, wobei es schmilzt, weggeht. Unzersetzt destillirbar; schmeckt süſs; in Wasser und Alkohol leicht löslich. In feuchter ammoniakhaltiger Luft verwandelt es sich in einen dunkelbraunen, in Wasser unlöslichen Körper, das *Orceïn*, $C^{16}H^{9}HO^{7}$, der von Ammoniak mit dunkel blutrother, von Kali mit violett rother Farbe aufgelöst und daraus durch Säuren wieder gefällt wird.

3. *Erythrin*, $C^{22}H^{16}O^{6}$?, in Parmelia roccella und Lecanora tartarea. Farbloses, zartes, krystallinisches Pulver, ohne Geschmack, in Wasser und Alkohol schwer löslich, schmelzbar. Zu Ammoniak verhält es sich ähnlich den vorhergehenden. Das aus denselben Flechten dargestellte sogenannte Pseuderythrin ist eine Verbindung von Lecanorin mit Aether. Es entsteht auch, wenn man das Erythrin mit Alkohol kocht.

4. *Usnin*, wird aus den so häufig vorkommenden Us-

nen-Arten mit Aether ausgezogen, nach dessen Abdestillirung es in feinen schwefelgelben Prismen auskrystallisirt. In Wasser und Alkohol ganz unlöslich, schmilzt bei 200°, verwandelt sich mit Alkalien in eine Säure.

5. *Orseille*, ein im Handel vorkommendes, breiförmiges, tief purpurrothes Farbmaterial, wird aus verschiedenen der oben genannten Flechten, besonders aus Roccella tinctoria (von den canarischen Inseln, Azoren etc.) gewonnen, indem man die feingemahlene Flechte mit kohlensaurem Ammoniak oder mit gefaultem Harn und Kalk vermischt und lange Zeit der Luft aussetzt. *Persio*, ein ähnliches Farbmaterial, wird auf gleiche Weise aus Lecanora tartarea erhalten.

6. *Lackmus*, eine in kleinen blauen Würfeln im Handel vorkommende Farbe, wird aus denselben Flechten erhalten, indem man sie mit Ammoniak und zugleich kohlensaurem Kali der Luft aussetzt. Der gebildete blaue Brei wird durch Gyps oder Kreide verdickt und in Würfel geformt. Wasser und besonders schwache Lösungen von Alkalien ziehen aus dem Lackmus einen tief blauen Farbstoff aus, der durch Säuren roth wird. Durch Schwefelwasserstoff, Zinnchlorür etc. wird es entfärbt. Die Natur der im Lackmus enthaltenen Körper ist noch nicht mit Sicherheit bekannt.

### 6. Alizarin.

*Vorkommen* und *Darstellung*. Die Wurzel der Färberröthe (Rubia tinctorum), welche im gemahlenen Zustand unter dem Namen *Krapp* bekannt ist, und womit in der Färberei die schönsten und dauerhaftesten rothen Farben hervorgebracht werden, scheint mehrere ähnliche, durch ihre Farben und farbigen Verbindungen ausgezeichnete Stoffe zu enthalten, deren wahre Natur bis jetzt wenig bekannt ist. Vielleicht enthält sie nur einen einzigen Stoff der Art, der durch Einwirkung verschiedener Reagentien leicht und auf verschiedene Weise verändert oder dadurch in verschiedenem Verbindungszustand erhalten wird.

Wird Krapp so lange mit kaltem Wasser gewaschen,

als dieses noch gelb gefärbt abläuft, dann getrocknet, mit Alkohol ausgekocht, der meiste Alkohol abdestillirt und die zurückbleibende Lösung mit verdünnter Schwefelsäure, vermischt, so fällt ein braunes Pulver, unreines Alizarin, nieder, welches nach dem Auswaschen und Trocknen einer sehr vorsichtigen und langsamen Sublimation unterworfen wird.

*Eigenschaften.* Orangerothe, sehr feine, lange Prismen. Nur in siedendem Wasser etwas löslich mit Rosafarbe; schwer löslich in Alkohol und Aether, mit röthlich violetter Farbe löslich in Alkalien.

Wird ausgewaschener Krapp mit einer Alaunlösung ausgekocht, und die abfiltrirte gelbrothe Lösung mit kohlensaurem Natron versetzt, so fällt der sogenannte Krapplack nieder, eine je nach den angewandten Verhältnissen verschieden roth gefärbte Verbindung der Thonerde mit den Krapp-Farbstoffen. Löst man sie in Salzsäure und fällt sie wieder mit Ammoniak, so nimmt ihre Farbe sehr an Schönheit zu.

### 7. Brasilin.

*Vorkommen.* Im Fernambuk- und Brasilienholz.

*Darstellung.* Aehnlich wie die des vorhergehenden.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in rothgelben Prismen, in Wasser und Alkohol löslich. Von Säuren wird es gelb, besonders schön von Citronensäure; beim Neutralisiren mit Alkali wieder schön roth, mit überschüssigem Alkali violett oder blau. Durch Schwefelwasserstoff und schweflige Säure wird es entfärbt. — Es ist die Ursache der färbenden Eigenschaft jener Hölzer.

### 8. Haematoxylin.

*Vorkommen.* Im Campechen- oder Blauholz.

*Darstellung.* Das geraspelte Holz wird mit warmem Wasser ausgelaugt, die Auflösung zur Trockne verdunstet, der Rückstand mit Alkohol ausgezogen und die filtrirte Lösung zum Syrup abdestillirt, aus welchem sich das Hämatoxylin nachher allmählig absetzt.

*Eigenschaften.* Röthlich-gelbe Schuppen, in Wasser

sehr wenig löslich mit rothgelber Farbe; leicht löslich in Alkohol und Aether. Von Säuren wird es theils gelb, theils roth, von Salzbasen violett, purpurfarben und blau. Durch Schwefelwasserstoff und Wasserstoff entwickelndes Zink wird es entfärbt, in welchem Zustand es wahrscheinlich im Holz enthalten ist, das ihm seine Anwendbarkeit in der Färberei verdankt.

### 9. Berberin.

*Vorkommen.* In der Wurzel von Berberis vulgaris.

*Darstellung.* Wie die des vorhergehenden.

*Eigenschaften.* Schön hell gelbe, feine Prismen, ohne Geruch, von anhaltendem bitterem Geschmack. Nicht ohne Zersetzung schmelzbar. In kaltem Wasser sehr wenig, in heifsem sehr leicht löslich. Löslich in Alkohol. Verbindet sich mit Basen, fällt fast alle Metallsalze. *Zusammensetzung* $= C^{33}H^{18}NO^{12}$.

### 10. Salicin.

*Vorkommen.* In der Rinde und den Blättern der meisten Weiden und einiger Pappelarten.

*Darstellung.* Die zerschnittene Rinde wird mit Wasser ausgekocht, die Flüssigkeit concentrirt und bis zur Entfärbung mit Bleiglätte gekocht, wodurch Gummi, Gerbsäure etc. abgeschieden werden. Das aufgelöste, mit Salicin verbundene Bleioxyd wird anfänglich mit Schwefelsäure, zuletzt mit Schwefelbarium ausgefällt, und die vom Niederschlag abfiltrirte Salicinlösung bis zur Krystallisation verdunstet.

*Eigenschaften.* Kleine, farblose, glänzende Prismen, von bitterem Geschmack, bei $+120^{0}$ schmelzbar, in Wasser und Alkohol löslich. In Schwefelsäure mit purpurrother Farbe löslich.

*Zusammensetzung* $= C^{42}H^{29}O^{22}$.

*Saliretin.* Durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure wird das Salicin in einen im Wasser unlöslichen, harzartigen Körper, das Saliretin $= O^{30}H^{15}O^{8}$, und in Traubenzucker verwandelt.

*Salicylige Säure,* kommt natürlich vor in den Blüthen

von Spiraca ulmaria, woraus sie durch Destillation mit Wasser erhalten wird; entsteht aus dem Salicin, neben Kohlensäure und Ameisensäure, durch Destillation desselben mit einer Auflösung von saurem chromsauren Kali und Schwefelsäure *). Das Spiraeaöl ist ein Gemenge von salicyliger Säure mit einem nicht sauren flüchtigen Oel.

Die salicylige Säure ist ein farbloses, aromatisch riechendes, brennend schmeckendes Oel, von 1,173 spec. Gewicht, + 196° Siedepunkt, in Wasser ziemlich löslich, mit Alkohol mischbar, sauer reagirend. Zusammensetzung $= \dot{H} + C^{14}H^{5}O^{3}$, also isomerisch mit der Benzoësäure. Bildet mit den Basen bestimmte, krystallisirbare, meist gelb gefärbte Salze von gleicher Zusammensetzung mit den benzoësauren. Mit Eisenchlorid färbt sie sich schwarzblau. Die Krystalle des Kalisalzes schwärzen sich rasch im feuchten Zustand unter Zerstörung der Säure.

*Salicylsäure*, $\dot{H} + C^{14}H^{5}O^{5}$, entsteht durch Zusammenschmelzen von salicyliger Säure mit überschüssigem Kalihydrat, wobei sich Wasserstoffgas entwickelt. Die Masse wird in Wasser gelöst und die Salicylsäure daraus durch Salzsäure gefällt. Krystallisirt in farblosen Prismen, sehr leicht sublimirbar, schwer löslich, sehr ähnlich der Benzoësäure. Mit Eisenchlorid verhält sie sich wie die salicylige Säure. Mit gebranntem Kalk gemengt und destillirt, zerfällt sie in Kohlensäure und:

*Carbolsäure*, $\dot{H} + C^{12}H^{5}O$. Im nicht vollkommen trocknen Zustande ein der salicyligen Säure höchst ähnliches ölartiges Liquidum; im völlig trocknen krystallisirt sie in langen, farblosen, sehr leicht schmelzbaren Prismen. Riecht wie frisches Castoreum, schmeckt höchst scharf; in Wasser wenig löslich, womit sie sich überdestilliren läfst. Färbt sich mit Chromsäure schwarz. Ist auch im Steinkohlentheer enthalten.

*Chlorsalicylsäure*, $C^{14}H^{5}O^{4}Cl$ oder $4(C^{14}H^{5}O^{5}) + C^{14}H^{5}Cl^{5}$, entsteht, wenn trockne salicylige Säure mit

---

*) 3 Salicin, 3 chroms. Kali, $4\frac{1}{2}$ Schwefelsäure, 24 Wasser.

trocknem Chlorgas gesättigt wird. Krystallisirt aus Alkohol in gelblichen perlmutterglänzenden rhombischen Tafeln, riecht eigenthümlich unangenehm, ist schmelzbar und sublimirbar, in Wasser unlöslich. Verbindet sich ohne Zersetzung mit Basen zu Salzen.

### 11. Phloridzin.

*Vorkommen.* In der frischen Wurzelrinde der Aepfel-, Birn-, Kirsch- und Pflaumenbäume, weniger in der Rinde des Stammes.

*Darstellung.* Durch Ausziehen der Rinde mit warmem Weingeist. Nach dem Abdestilliren des Alkohols krystallisirt aus dem Rückstand das Phloridzin. Durch Thierkohle zu entfärben.

*Eigenschaften.* Krystallisirt in feinen, farblosen Prismen, schmeckt bitter, erfordert 1000 Th. kalten Wassers zur Lösung, in siedendem in jedem Verhältnifs löslich. Verliert bei $+106^{\circ}$ 4 At. Krystallwasser.

*Zusammensetzung* des krystallisirten $= C^{42}H^{29}O^{24}$
— des geschmolzenen $= C^{42}H^{25}O^{20}$.

*Phloretin.* Wird Phloridzin in verdünnten Säuren aufgelöst und damit erwärmt, so zerlegt es sich in Traubenzucker und Phloretin, welches sich als ein krystallinisches Pulver niederschlägt. Aus Alkohol krystallisirt es in farblosen Blättchen, es schmeckt süfslich, sättigt die Alkalien, wird aber in diesen Verbindungen an der Luft rasch zerstört. Zusammensetzung $= C^{6}H^{3}O^{2}$. Das Phloridzin kann demnach betrachtet werden als eine Verbindung von 5 At. Phloretin mit 2 At. Rohrzucker, der durch die Säure zu Traubenzucker wird.

*Phloridzeïn.* Das Phloridzin vereinigt sich wie eine Säure mit den Basen. Das weifse Ammoniaksalz wird an der Luft unter Sauerstoff-Absorption nach einander gelb, roth, purpurroth, zuletzt tief blau, nach dem Trocknen mit kupferrothem Reflex. Diese Masse ist das Ammoniaksalz einer neuen Säure (Phloridzeïn genannt), welche sich durch weiteren Einflufs der Luft leicht wieder in andere Producte verwandelt. Aus der schön blauen Lösung des Salzes in

Wasser fällen Säuren das Phloridzeïn als einen schwarzblauen Niederschlag, $=\dot{H}+C^{32}H^{21}NO^{20}$.

## 12. Aesculin.

*Vorkommen.* In der Kastanienbaumrinde, der Eschenrinde und wahrscheinlich noch anderen Rinden, woraus es durch Auskochen mit Alkohol erhalten wird.

*Eigenschaften.* Feine farblose Blättchen oder weifses Pulver von schwach bitterem Geschmack. Nicht ohne Zersetzung schmelzbar. In kaltem Wasser schwer löslich; bei auffallendem Licht schillert diese Auflösung mit einer schön blauen Farbe, selbst bei aufserordentlich geringem Aesculin-Gehalt. Durch Säuren verschwindet der blaue Schiller, Alkalien bringen ihn wieder verstärkt hervor. Zusammensetzung $=C^{16}H^{9}O^{10}$?

## 13. Santonin.

*Vorkommen.* Im Wurmsamen (von Artemisia santonica).

*Darstellung.* Gepulverter Wurmsamen wird mit gepulvertem kaustischem Kalk vermischt, die Masse wiederholt in Digestionswärme mit Branntwein ausgezogen *), die abfiltrirte Auflösung bis zu einem geringen Rückstand zuerst abdestillirt, dann abgedunstet und der Rückstand noch heifs mit Essigsäure vermischt. Beim Erkalten krystallisirt das Santonin, welches durch Behandeln mit Alkohol und Thierkohle zu reinigen ist.

*Eigenschaften.* Farblose, sehr glänzende, 6seitige, an den Enden quer abgestumpfte Prismen, geruchlos, geschmacklos. Färbt sich im Sonnenlicht, oft unter Zerspringen der Krystalle, gelb, und zeigt dann veränderte chemische Eigenschaften. Bei +136° schmelzbar, krystallinisch erstarrend, sublimirbar. In kaltem Wasser kaum löslich; in heifsem Alkohol leicht löslich. Es ist eine schwache Säure, da es mit den Basen krystallisirbare Verbindungen bildet.

---

*) 4 Theile Wurmsamen, 1¼ Th. Kalk, 20 Th. Branntwein. Der Wurmsamen enthält auch ein ätherisches Oel, von dem wahrscheinlich seine Wirksamkeit abhängt.

# IV. PRODUCTE VON DER GÄHRUNG DES ZUCKERS.

## ALKOHOL.

*Bildung.* Nur auf einem einzigen Wege: durch die Gährung aus dem Zucker.

Eine Auflösung von Zucker in Wasser verändert sich für sich nicht. Wird eine verhältnifsmäfsig sehr kleine Menge von Hefe (Ferment) zugemischt, und die Flüssigkeit einer Temperatur zwischen +20° und 30° ausgesetzt, so tritt bald eine lange anhaltende Entwickelung von Kohlensäuregas ein (die Gährung), nach deren Beendigung der Zucker in der Flüssigkeit verschwunden ist. Statt dessen enthält sie nun Alkohol. Der Zucker zerfällt hierbei, durch eine bis jetzt nicht erklärbare Wirkungsweise des Ferments, in Kohlensäure und in Alkohol.

Rohrzucker und Traubenzucker verhalten sich hierin dem Anschein nach gleich; indessen scheint der Traubenzucker allein die eigentlich gährungsfähige Zuckerart zu sein und der Rohrzucker nur dadurch in Gährung überzugehen, dafs er sich zuvor in den ersteren verwandelt. Aus 1 Atom Traubenzucker, $= C^6H^6O^6$, entstehen gerade auf 2 Atome Kohlensäure und 1 Atom Alkohol $= C^4H^6O^2$.

Alle natürlich vorkommenden zuckerhaltigen Pflanzensäfte enthalten eine bis jetzt nicht genau bekannte, wahrscheinlich zu den Proteïnstoffen gehörende Substanz, welche in Berührung mit der Luft sich in Ferment verwandelt, das heifst die Eigenschaft erlangt, die Theilung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure zu veranlassen. Daher gehen alle zuckerhaltigen Pflanzensäfte, wie namentlich der Traubensaft, der Zuckerrohr- und Runkelrüben-Saft, alle süfsen Obstsäfte, bald nach dem Auspressen in Gährung über. Ohne anfänglichen Luftzutritt findet sie nicht statt. Dabei trüben sich diese Flüssigkeiten und setzen eine stickstoffhaltige Materie, die Hefe oder das Ferment, ab, welche nun andere neue Quantitäten von Zucker in Gährung versetzen kann.

Was dieses Ferment ist, ist bis jetzt nicht mit Gewifsheit erforscht. Seine Wirkung erstreckt sich nicht auf unendliche Mengen Zuckers, sondern es selbst erleidet bei der Gährung eine Veränderung, wodurch es diese Wirkung verliert. Es verliert dieselbe ferner durch Austrocknen, durch Erhitzen bis zu + 100°, durch Uebergiefsen mit Alkohol, durch Säuren und Alkalien. Verschiedene Stoffe, namentlich flüchtiges Senföl, schweflige, salpetrige und arsenige Säure, Quecksilberchlorid, in höchst geringer Menge einer gährungsfähigen Flüssigkeit beigemischt, verhindern das Eintreten der Gährung gänzlich. Eben so wirkt eine Temperatur unter + 10°. Künstlich erhält man eine gährungsfähige Masse, wenn man einen dicken Teig von Weizenmehl 8 Tage lang an einem gleichmäfsig warmen Ort stehen läfst, wobei er zuerst einen sauren, zuletzt einen weinigen Geruch annimmt.

Auch Stärke ist gährungsfähig, jedoch nur dadurch, dafs sie zuvor in Zucker umgewandelt werden kann. Daher die Gährungsfähigkeit stärkehaltiger Substanzen, wie der Kartoffeln, des Getreides, deren Stärke dabei durch Diastas zuvor in Zucker verwandelt wird.

Der Wein ist gegohrener Traubensaft, das Bier gegohrene Gerstenmalz-Infusion, die Obstweine gegohrene Obstsäfte. Der characterisirende Bestandtheil aller dieser Flüssigkeiten ist Alkohol.

*Darstellung.* Durch partielle Destillation einer gegohrenen Flüssigkeit geht der Alkohol, noch mit mehr oder weniger Wasser vermischt, über. Ein solches alkoholreicheres Gemische ist der *Branntwein*, der zwischen 30 und 40 Gewichts-Procent Alkohol enthält. Einer abermaligen partiellen Destillation unterworfen, wird er getheilt in Wasser, welches zurückbleibt, und in einen weniger wasserhaltigen Alkohol (Weingeist oder Spiritus), welcher überdestillirt. Aus diesem können die letzten Antheile von Wasser nicht mehr durch blofse Destillation, sondern nur durch wasserentziehende Mittel entfernt werden, z. B. durch vorher geglühte Pottasche, durch gebrannten Kalk etc., womit man den Alkohol in Berührung bringt und wovon man ihn

nachher abdestillirt. Das in dem Branntwein enthaltene Fuselöl *) wird zuvor durch Filtration durch ausgeglühte Kohle entfernt.

*Eigenschaften.* Farbloses, dünnes Liquidum, von schwachem, angenehmem Geruch und brennendem Geschmack, spec. Gewicht =0,7947 bei +15°. Noch nicht bei —72° erstarrend. Siedepunkt +78°. Spec. Gewicht seines Gases =1,6011. Leicht entzündlich und mit schwach leuchtender, nicht rufsender Flamme verbrennend. Zieht Wasser aus der Luft an und ist mit Wasser nach allen Verhältnissen mischbar, und zwar unter Erwärmung und Zusammenziehung des Gemisches. Das Maximum der Contraction ist bei 100 Theilen oder 1 Atom Alkohol und 116,23 Th. oder 6 At. Wasser. 100 Volumtheile dieses Gemisches enthalten 53,939 Volumth. Alkohol und 49,836 Volumtheile Wasser, also Contraction um 3,775 Volumtheile. Mit dem Wassergehalt erhöhen sich Siedepunkt und specifisches Gewicht.

Er ist, gleich dem Wasser, ein Lösungsmittel für sehr viele Substanzen; auch verbindet er sich, wie dieses, mit Salzen zu krystallisirenden Verbindungen. — Er ist die Ursache der berauschenden Wirkung gegohrener Getränke.

*Zusammensetzung:*

| | | Atome. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 2 oder | 4 | — | 52,22 |
| Wasserstoff | — | 6 — | 12 | — | 13,01 |
| Sauerstoff | — | 1 — | 2 | — | 34,77. |

Er kann als $C^2H^3+O$, oder als $C^4H^5O+\dot{H}$, nämlich als das Hydrat vom Aether, betrachtet werden.

## Producte von der Zersetzung des Alkohols.

Durch verschiedene verändernde Einflüsse kann aus dem Alkohol eine grofse Anzahl sehr merkwürdiger Producte hervorgebracht werden. Man kann sie, zufolge ihrer Zu-

*) Vergl. S. 66.

sammensetzung, um 4 hypothetische zusammengesetzte Radicale gruppiren, als deren Verbindungen sie betrachtet werden können. Diese Radicale sind das *Aethyl*, das *Acetyl*, das *Formyl* und das *Elayl*.

## I. Aethyl.

### Aether.

*Bildung.* Durch Einwirkung der stärkeren Säuren auf Alkohol, der dadurch in Aether und Wasser getheilt wird. Der Aether tritt dabei mit der einwirkenden Säure in Verbindung. Gewisse dieser Verbindungen haben die Eigenschaft bei höherer Temperatur in wasserhaltige Säure und in Aether zu zerfallen; hierauf beruht die Darstellung des Aethers.

*Darstellung.* Ein Gemische von 9 Theilen concentrirter Schwefelsäure und 5 Th. wasserhaltigem Alkohol von 85 Proc. Alkoholgehalt wird in einer mit gutem Kühlapparat versehenen Retorte bis zum Sieden, nämlich bis zu +140°, erhitzt, und während dessen durch eine Röhre im Tubulus der Retorte fortwährend gerade so viel Alkohol zugeleitet, als Flüssigkeit aus der Retorte abdestillirt. Das überdestillirte Product besteht aus Wasser und Aether, in der Retorte bleibt die Säure unverändert zurück, die auf diese Weise unendliche Mengen von Alkohol in Aether verwandeln kann.

Der erhaltene Aether enthält Alkohol, der unverändert mit verflüchtigt wurde, namentlich wenn durch zu raschen Zuflufs desselben die Temperatur viel unter +140° sank; er enthält ferner öfters schweflige Säure, wenn durch mangelnden Zuflufs von Alkohol die Temperatur in der Säure viel über 140° gestiegen und dadurch eine anfangende Zersetzung zwischen Aether und Säure eingetreten war. Beide Verunreinigungen werden durch Schütteln des Destillats mit kalihaltigem Wasser entfernt. Der von dem Wasser getrennte Aether wird nachher, zur Entfernung des darin aufgelösten Wassers, mit gebranntem Kalk in Berührung gestellt und später davon abdestillirt.

*Eigenschaften.* Farbloses, dünnflüssiges, stark licht-

brechendes Liquidum, von ganz eigenthümlichem, durchdringendem Geruch und Geschmack. Spec. Gewicht bei +20° =0,713. Sehr flüchtig, siedet schon bei +35°. Spec. Gewicht seines Gases =2,586. Erst weit unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers erstarrend. Höchst brennbar, mit leuchtender rufsender Flamme; in Gasform mit Luft gemengt höchst explosiv.

Mit Wasser nicht mischbar; indessen löst Wasser etwas Aether ($\frac{1}{10}$), und Aether etwas Wasser ($\frac{1}{36}$) auf. Mit Alkohol nach allen Verhältnissen mischbar.

*Zusammensetzung:*

| | | Atome. | | |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 4 | — | 64,91 |
| Wasserstoff | — | 10 | — | 13,47 |
| Sauerstoff | — | 1 | — | 21,62. |

Er ist $C^4H^5+O$ oder das Oxyd von einem hypothetischen Radical, dem *Aethyl*, $=C^4H^5$ oder Ae.

Der Aether oder das Aethyloxyd ($\dot{A}e$) verhält sich wie ein basisches Oxyd und bildet mit den meisten Säuren Verbindungen. Sie entstehen aber nicht durch directe Vereinigung mit dem Aethyloxyd, sondern durch Einwirkung der Säuren auf den Alkohol (Aethyloxyd-Hydrat). Durch die Hydrate der Alkalien werden sie zersetzt; sie liefern aber dabei nicht Aethyloxyd, sondern Alkohol, weil das Aethyloxyd im Abscheidungsmoment das Wasser des Hydrats aufnimmt. Sie zersetzen sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur mit den Salzen anderer Basen und Säuren; oxalsaures Aethyloxyd z. B. zersetzt sich nicht mit salpetersaurer Kalkerde. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs der in diesen Verbindungen enthaltene Körper etwas Anderes ist, als der Aether im freien Zustand; er hat aber dieselbe Zusammensetzung.

1. *Schwefelsaures Aethyloxyd:* das neutrale unbekannt. Das saure, $\dot{A}e\dddot{S}+\dot{H}\dddot{S}$, entsteht beim Erhitzen eines Gemisches von gleichen Theilen Alkohol von 85 Proc. und Schwefelsäure. Zur Abscheidung der überschüssigen Schwefelsäure wird es mit kohlensaurem Baryt gesättigt und das unlösliche schwefelsaure Salz vom aufgelösten schwefelsauren

Aethyloxyd-Baryt abfiltrirt. Nach dem Concentriren wird letzterer krystallisirt erhalten. Durch Schwefelsäure kann aus seiner Auflösung die Baryterde ausgefällt werden. Die saure Flüssigkeit ist dann eine Auflösung von saurem schwefelsaurem Aethyloxyd. Es kann nicht concentrirt werden, weil es dabei in wasserhaltige Schwefelsäure und Alkohol zerfällt. Im concentrirten Zustande (nämlich in dem Gemische von 5 Th. 85procent. Alkohol und 9 Th. concentrirter Schwefelsäure) bis zu $+100^\circ$ bis $140^\circ$ erhitzt, zerlegt es sich in wasserhaltige Säure und Aether.

Das saure schwefelsaure Aethyloxyd bildet, mit anderen Basen gesättigt, krystallisirbare, in Wasser und Alkohol lösliche Doppelsalze (sonst *wein-* oder *aetherschwefelsaure Salze* genannt). Man erhält sie wie das Baryt-Doppelsalz oder durch wechselseitige Zersetzung von diesem mit den schwefelsauren Salzen der anderen Basen. Die Doppelsalze mit ***Kali***, ***Baryt***, ***Kalk*** und ***Bleioxyd*** bilden tafelförmige, perlmutterglänzende, leicht lösliche Krystalle, alle zusammengesetzt nach der Formel $\dot{A}e\dddot{S} + \dot{B}a\dddot{S}$. Die meisten enthalten Krystallwasser. Mit Kalkhydrat destillirt, werden sie in schwefelsaures Salz und Alkohol zerlegt.

*Schwefelsaures Aethyloxyd-Aetherol*, $\dot{A}e\dddot{S} + C^4H^4\dddot{S}$ (schweres Weinöl), entsteht, wenn eines dieser Salze, besonders das Kalk- oder Bleisalz, im wohl getrockneten Zustande mit gebranntem Kalk genau vermischt und destillirt, oder wenn ein Gemische von $2\frac{1}{2}$ Th. Schwefelsäure und 1 Th. Alkohol destillirt wird. Farbloses Liquidum, von öliger Consistenz, starkem aromatischem Geruch und Geschmack, in Wasser untersinkend. Mit Wasser erwärmt, zerfällt es in saures schwefelsaures Aethyloxyd, welches sich auflöst, und in *Aetherol*, $= C^4H^4$, welches als ein Oel auf dem Wasser schwimmt. Nach kurzer Zeit bildet sich in diesem ein fester, krystallisirbarer Körper (das *Aetherin*), der sich bei der Abkühlung abscheidet. Er ist ebenfalls eine Varietät von CH. Zu dieser Art von Körpern gehört auch das sogenannte *Weinöl*, ein öliges, auf Wasser schwimmendes, wenig flüchtiges Liquidum, welches zufällig und in geringer Menge bei der Aetherbereitung, wenn

sich die Temperatur des Gemisches zu sehr erhöht und dieses sich unter Entwickelung von schwefliger Säure schwärzt, so wie auch bei der Darstellung des ölbildenden Gases aus Alkohol, erzeugt wird. Es ist häufig im unrectificirten Aether enthalten.

*Aethionsäure* und *Isaethionsäure.* Wenn man wasserfreien Alkohol oder Aether, stark abgekühlt oder sehr langsam, den Dampf von wasserfreier Schwefelsäure absorbiren läfst, so entsteht ein in farblosen, zerfliefslichen, nicht rauchenden Prismen krystallisirender Körper, $= C^4H^4 + 4\dddot{S}$. In Wasser löst er sich zu *Aethionsäure* auf, eine saure Verbindung, zusammengesetzt aus $C^4H^5O\dddot{S}^4$, die mit Basen krystallisirende Doppelsalze bildet. In Wasser aufgelöst bis zu $+100^0$ erhitzt, zersetzt sie sich in Schwefelsäure und *Isaethionsäure*, $= C^4H^5O\dddot{S}^2$, eine saure Verbindung, welche dieselbe Zusammensetzung wie das zweifach-schwefelsaure Aethyloxyd hat, und mit allen Basen lösliche, krystallisirende Salze bildet, die aber in ihren Eigenschaften von den Aethyloxyd-Doppelsalzen durchaus verschieden sind. Man kann daraus weder Aether noch Alkohol abscheiden, und mit Kalihydrat erhitzt bilden sie schwefligsaures Kali. Die Isaethionsäure kann daher kein Aethyloxyd und keine Schwefelsäure enthalten, sondern ist wahrscheinlich $= C^4H^5O^2\dddot{S}$. Im wasserhaltigen Zustande ist sie ein dickflüssiges, sehr saures Liquidum, welches sich noch nicht bei $+150^0$ zersetzt. Ihre Salze sind nach der Formel des Barytsalzes $= \dot{B}a + C^4H^5O^2\dddot{S}$ zusammengesetzt.

2. *Phosphorsaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\dot{H}^2\dddot{P}$, entsteht durch Erwärmen eines Gemisches von höchst concentrirter Phosphorsäure mit Alkohol. Syrupförmige, saure, mit Wasser mischbare Flüssigkeit. Entwickelt in höherer Temperatur Aether. Bildet mit Basen krystallisirende Doppelsalze, zusammengesetzt nach der Formel des Barytsalzes $= \dot{A}e\dot{B}a^2\dddot{P}$.

3. *Salpetrigsaures Aethyloxyd*, $= \dot{A}e\dddot{N}$, Salpeteräther. Entsteht beim Vermischen von liquider salpetriger Säure *)

*) Erhalten durch gelindes Erhitzen von 1 Th. Stärke mit

mit abgekühltem wasserhaltigem Alkohol, wobei sich der Aether sogleich abscheidet. Er wird nachher bei sehr gelinder Wärme und unter starker Abkühlung des Recipienten abdestillirt. — Blafs gelbes, sehr angenehm obstartig riechendes, sehr dünnflüssiges Liquidum; siedet schon bei $+16°,4$, schwimmt auf Wasser, in geringer Menge darin löslich. Mit Alkohol mischbar. Leicht entzündlich.

4. *Oxalsaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\ddot{C}$. Durch Destillation von 4 Th. oxalsaurem Kali mit einer Mischung von 5 Th. conc. Schwefelsäure und 4 Th. Alkohol. Das Destillat wird mit Wasser vermischt, wobei sich der Aether abscheidet, der wiederholt mit Wasser geschüttelt und dann noch einmal für sich destillirt wird. — Farbloses, ölartiges Liquidum, von schwachem aromatischem Geruch, in Wasser untersinkend, nicht damit mischbar, siedet bei $+184°$. Verwandelt sich in Berührung mit Wasser bald in Alkohol und krystallisirende Oxalsäure. Mit wässrigem Ammoniak verwandelt es sich in Alkohol und Oxamid, $NH^2\ddot{C}$; mit einer Lösung von Ammoniak in Alkohol dagegen erzeugt es *oxaminsaures Aethyloxyd* (Oxamethan) $=C^4H^5O+C^4H^2NO^5$ *), einen in fettglänzenden Blättern krystallisirenden, schmelzbaren, sublimirbaren, in Wasser leicht löslichen Körper. Mit überschüssigem Ammoniak verwandelt sich derselbe in Alkohol und Oxamid, durch Kochen mit Wasser in Alkohol und zweifach-oxalsaures Ammoniak.

5. *Weinsaures Aethyloxyd*, saures, $\dot{A}e\bar{T}+\dot{H}\bar{T}$ **). Durch Auflösen von Weinsäure in heifsem Alkohol. Farblose rhombische Prismen, ohne Geruch, von süfslich saurem Geschmack, an der Luft zerfliefslich. Nicht flüchtig. Bildet mit Basen krystallisirbare Doppelsalze.

---

10 Th. starker Salpetersäure und Condensation des Dampfes in einem mit Eis abgekühlten langen Rohr.

*) Die *Oxaminsäure*, $\dot{H}+C^4H^2NO^5$, entsteht auch durch Erhitzen des sauren oxalsauren Ammoniaks bis zu 220°. Weifses, krystallinisches, in Wasser schwer lösliches Pulver. Verwandelt sich beim Erhitzen mit Wasser in zweifach-oxalsaures Ammoniak.

**) $=2C^6H^5O^6=C^{12}H^{10}O^{12}$.

6. *Citronensaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\bar{C}$. Farbloser, ölartiger, schwach riechender, in Wasser untersinkender Körper, darin unlöslich. Nicht ohne Zersetzung destillirbar.

7. *Benzoësaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\bar{B}z$. Durch Destillation von Benzoësäure mit Alkohol und concentrirter Salzsäure, oder durch Auflösen des Chlorbenzoyls (S. 78) in Alkohol. Farbloses, ölartiges Liquidum, von aromatischem Geruch und Geschmack, schwerer als Wasser, unlöslich darin. Siedet bei $+209°$.

8. *Stearinsaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\dot{H}\bar{S}t$. Durch Erhitzen eines Gemisches von 1 Stearinsäure, 4 Alkohol und 4 Schwefelsäure. Der Aether scheidet sich als ein Oel ab, welches beim Erkalten zu einem wachsartigen Körper erstarrt. Geschmack- und geruchlos, bei $+27°$ schmelzbar, bei $+165°$ destillirbar. Aus Alkohol krystallisirend.

9. *Oenanthsaures Aethyloxyd*, $\dot{A}e\bar{O}e$, ist im Wein enthalten und die Ursache des eigentlichen Weingeruchs. Kann durch Destillation aus der Weinhefe erhalten werden. — Farblose, dünne Flüssigkeit, von durchdringendem Weingeruch und scharfem Geschmack. In Wasser unlöslich, darauf schwimmend. Siedepunkt $+230°$.

10. *Cyanursaures Aethyloxyd*, entsteht, wenn das Gas von wasserhaltiger Cyansäure in Alkohol geleitet wird. Krystallisirt in farblosen, geschmack- und geruchlosen Prismen, in heifsem Wasser löslich. Zerfällt bei der Destillation in Alkohol, Wasser und Cyanursäure. Ist $= C^8H^8N^2O^6$.

11. *Aethyloxyd-Sulfocarbonat*, $\dot{A}e\ddot{C}$. Wird Schwefelkohlenstoff in einer Auflösung von Kalihydrat in Alkohol gelöst und nachher abgekühlt, so krystallisirt ein Salz in feinen, weichen Prismen heraus, welches aus Aether, Schwefelkohlenstoff und Kali besteht, nach der Formel $\dot{A}e\ddot{C} + K\ddot{C}$. Aehnliche Verbindungen bilden die anderen Alkalien. Durch wechselseitige Zersetzung des Kalisalzes mit den Salzen anderer Basen werden die unlöslichen Doppelverbindungen der letzteren hervorgebracht: z. B. mit Kupferoxydsalzen entsteht die Oxydul-Doppelverbindung als ein lebhaft gelber Niederschlag. — Verdünnte Schwefelsäure scheidet aus dem

Kalisalz das Aethyloxyd-Bisulfocarbonat ab. $= \dot{A}e\ddot{C} + \dot{H}\ddot{C}$; es ist ein schwerer, ölartiger, unangenehm riechender Körper, der sich schon bei $+24°$, unter freiwilliger Erhitzung, in Schwefelkohlenstoff und Alkohol zerlegt. Die einfache Verbindung $\dot{A}e\ddot{C}$ ist für sich nicht bekannt.

12. *Aethylchlorür*, $C^4H^5Cl$ oder $AeCl$, entsteht, wenn Alkohol mit Chlorwasserstoffsäuregas gesättigt und destillirt wird; das sich entwickelnde Aethergas wird zuerst zur Reinigung durch Wasser, und von da in ein stark abgekühltes Gefäfs geleitet. Farblose, höchst dünne und flüchtige Flüssigkeit von angenehm ätherartigem Geruch und Geschmack, 0,774 spec. Gewicht, $+12°$ Siedepunkt, mit grün gesäumter Flamme verbrennend, mit Wasser nicht mischbar, jedoch etwas darin löslich.

13. *Aethyl-Bromür* und *-Jodür*, $AeBr$ und $AeI$, sind ähnliche, ätherartige, jedoch weniger flüchtige, in Wasser untersinkende Flüssigkeiten.

14. *Aethylcyanür*, $C^4H^5 + C^2N$, entsteht durch Destillation von Cyankalium mit schwefelsaurem Aethyloxyd-Kali. Farbloses, durchdringend knoblauchartig riechendes Liquidum, auf Wasser schwimmend, sehr giftig.

15. *Schwefelaethyl*, $C^4H^5S$, durch Destillation einer Auflösung von Einfach-Schwefelkalium in Alkohol mit Chloräthyl. Farbloses, sehr unangenehm zwiebelartig riechendes Liquidum, auf Wasser schwimmend, von $+73°$ Siedepunkt. Das *Bisulfuret*, $C^4H^5S^2$, entsteht durch Destillation von $KS^3$ mit schwefelsaurem Aethyloxydkali und Wasser. Höchst unangenehm, knoblauchartig riechendes, farbloses Liquidum, eben so schwer wie Wasser, von $+151°$ Siedepunkt.

16. *Aethylsulfhydrat*, $C^4H^5S + \acute{H}$, Mercaptan, (Alkohol, worin der Sauerstoff durch Schwefel vertreten wird). Entsteht durch Destillation einer Auflösung von Kalium-Sulfhydrat mit einer Auflösung von schwefelsaurem Aethyloxydkali, so wie letztere durch Sättigen eines Gemisches von Alkohol und Schwefelsäure mit Kali erhalten wird. Farbloses, sehr dünnflüssiges Liquidum, von höchst inten-

sivem, knoblauchartigem Geruch, sehr flüchtig, Siedepunkt $=+36°$, auf Wasser schwimmend, damit nicht mischbar, leicht entzündlich.

Mit vielen Metalloxyden zersetzt es sich in der Art, dafs an die Stelle des Wasserstoffs im Schwefelwasserstoff ein Aequivalent Metall tritt, und das gebildete Schwefelmetall mit dem Schwefeläthyl in Verbindung bleibt. Am heftigsten wirkt es auf Quecksilberoxyd, womit es unter Erhitzung eine weifse, krystallinische, perlmutterglänzende Verbindung bildet, $=C^4H^5S+\dot{H}g$, die geruchlos, in Wasser unlöslich und bei ungefähr $+85°$ wie Wachs schmelzbar ist. Schwefelwasserstoff bildet damit wieder Aethylsulfhydrat.

17. *Telluraethyl*, $C^4H^5Te$, durch Destillation einer Auflösung von Tellurkalium mit schwefelsaurem Aethyloxyd-Kali. Dunkel gelbrothes Liquidum, in Wasser untersinkend, sehr flüchtig, höchst stinkend und giftig, mit weifser Flamme brennbar.

---

Der Aether vereinigt sich auch mit Salzen. Verbindungen der Art, zum Theil krystallisirbar, entstehen durch Einwirkung wasserfreier Metallchlorüre auf Alkohol und Aether. Wird Alkohol mit geschmolzenem Zinkchlorür oder Zinn- oder Eisen-Chlorid bis zu $+140°$ erhitzt, so wird er, wie durch Säuren, in Aether verwandelt, welcher überdestillirt.

## II. Acetyl.

### 1. Aldehyd.

*Bildung*. Durch Einwirkung oxydirender Körper auf den Alkohol, wodurch zunächst 2 Aequivalente Wasserstoff daraus weggenommen werden und die Zusammensetzung des Aldehyds bleibt.

*Darstellung*. Ein Gemische von Alkohol, verdünnter Schwefelsäure und Mangansuperoxyd *) wird, unter guter

*) 4 Th. Weingeist von 80 Proc., 6 Th. Schwefelsäure, 4 Th. Wasser, 6 Th. gepulverter Braunstein.

Abkühlung des Kühlapparats, der Destillation unterworfen, so lange bis das Uebergehende anfängt sauer zu reagiren. Das Destillat, ein Gemenge von Aldehyd mit Wasser und mehreren anderen secundären Producten, wird im Wasserbade über sein gleiches Gewicht Chlorcalcium destillirt, bis die Hälfte übergegangen ist. Das Destillat wird mit seinem gleichen Volum Aether vermischt und das Gemische dann, unter starker Abkühlung, mit Ammoniakgas gesättigt. Dabei vereinigt sich der Aldehyd mit Ammoniak zu einem festen Körper, der sich in farblosen Krystallen aus dem Aether ausscheidet. Durch Destillation dieser Verbindung mit verdünnter Schwefelsäure *), unter starker Abkühlung des Recipienten, wird der Aldehyd isolirt erhalten. Zur Befreiung von Wasser wird er bei einer Temperatur von höchstens $+30^{\circ}$ über wasserfreies Chlorcalcium destillirt.

*Eigenschaften.* Farblose, dünne Flüssigkeit von eigenthümlichem, erstickendem Geruch, siedet bei $+22^{\circ}$, von 0,79 spec. Gewicht, sehr brennbar. Mit Wasser, Alkohol und Aether mischbar. Verwandelt sich an der Luft, unter Sauerstoff-Absorption, in Essigsäure. Seine Lösung in Wasser, mit Kalihydrat erhitzt, wird braun und scheidet einen braunen harzähnlichen Körper ab; mit salpetersaurem Silberoxyd und ganz wenig Ammoniak erhitzt, reducirt sie das Silber, das sich als blanker Spiegel auf das Glas absetzt. Nach einiger Zeit verwandelt sich der Aldehyd, selbst in einem verschlossenen Gefäfs, in zwei andere mit ihm isomerische Körper, von denen der eine fest, krystallisirbar, der andere ein mit Wasser nicht mischbares Liquidum ist.

*Zusammensetzung* $= C^4H^4O^2$. Er kann betrachtet werden als $C^4H^3O + \dot{H}$, das heifst als das Hydrat der niedrigsten Oxydationsstufe eines hypothetischen Radicals, des *Acetyls*, $= C^4H^3$, welches mit 3 Atomen Sauerstoff die Essigsäure bildet.

Der Aldehyd verbindet sich auf directem Wege mit keiner anderen Basis als mit Ammoniak. Die Verbindung

*) 2 Th. Ammoniaksalz in 2 Th. Wasser gelöst, mit einem abgekühlten Gemische von 3 Th. Schwefelsäure und 4 Th. Wasser.

bildet farblose, glänzende, rhombische Krystalle von schwachem Geruch, schmelzbar und unzersetzt destillirbar, in Wasser sehr leicht löslich. Sie erleiden nach einiger Zeit eine Veränderung, indem sie braun werden und zu einer Flüssigkeit zergehen. Das Aldehyd-Ammoniak ist $= NH^3 + C^4H^4O^2$ oder vielleicht $\dot{N}H^4 + C^4H^3O$.

Wird wässriger Aldehyd mit Silberoxyd erwärmt, so entsteht, unter Reduction eines Theils des Oxyds, ein lösliches Silbersalz mit einer neuen, noch wenig bekannten Säure, der Aldehydsäure oder *acetyligen Säure*, $= \dot{H} + C^4H^3O^2$. Sie entsteht auch, in Begleitung von Aldehyd in Form eines die Augen höchst reizenden Dampfes, wenn man schwammiges Platin oder dünnes Platinblech glühend über die Oberfläche von Alkohol oder Aether, also in den mit Luft gemengten Dampf derselben hält, wobei das Metall von selbst zu glühen fortfährt.

## 2. Essigsäure.

*Bildung.* Aus Aldehyd durch unmittelbare Oxydation an der Luft. Aus Alkohol unter dem Einflusse oxydirender oder seine Oxydation an der Luft vermittelnder Körper. Reiner oder mit Wasser verdünnter Alkohol oxydirt sich für sich durchaus nicht zu Essigsäure.

1. Concentrirte Chlorsäure, mit Alkohol vermischt, verwandelt denselben unter Erhitzung und Chlor-Entwikkelung in concentrirte Essigsäure.

2. Alkohol, mit schwarzem pulverförmigem Platin *) in Berührung gebracht, verwandelt sich unter Erhitzung und unter Absorption von Sauerstoff aus der Luft, in concentrirte Essigsäure.

4. Aehnlich wie das Platin wirken gewisse organische Körper, durch deren Vermittelung verdünnter Alkohol bei einer Temperatur zwischen $+20°$ und $30°$ Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und in Essigsäure übergeht. Daher die Fähigkeit eines jeden gegohrenen, also alkoholhaltigen Pflanzensaftes, sich an der Luft zu säuern. Auf diese Art

*) Vgl. Th. I, S. 172.

entsteht der *Essig*, ein Gemenge von Essigsäure mit vielem Wasser und geringen Mengen zufälliger fremder Stoffe.

*Gewinnung des Essigs.* Durch freiwillige Säuerung von Wein, Bier, gegohrenen Obstsäften, besonders unter Zusatz von etwas Essig, in Gefäfsen, welche den Luftzutritt gestatten und warm stehen. Oder durch ähnliche Säuerung von gegohrener Bierwürze, oder von Gemischen von Branntwein mit Wasser und etwas Honig und Sauerteig etc. Am zweckmäfsigsten geschieht dies bei der sogenannten Schnellessigfabrication, wobei die zu säuernde Flüssigkeit, fast ganz in Oberfläche verwandelt, der Luft dargeboten wird, dadurch dafs man sie langsam durch ein mit Hobelspähnen von Buchenholz gefülltes, in den Wänden mit Luftlöchern versehenes hohes Fafs fliefen läfst. Die Hobelspähne müssen zuvor mit Essig getränkt worden sein.

Durch Destillation des Essigs kann man die Essigsäure von den ihr beigemengten fremden Stoffen befreien, das Wasser aber läfst sich nicht dadurch von ihr trennen. Man scheidet es ab durch Sättigen der Säure mit einer Basis und Abdampfen.

*Darstellung der Essigsäure.* Durch Destillation von 1 Atomgewicht wasserfreiem essigsauren Natron mit 2 At. concentrirter Schwefelsäure, (= 1 : 1,18); oder auch durch Destillation eines innigen Gemenges von gleichen Theilen wasserfreiem essigsaurem Bleioxyd und geschmolzenem zweifach-schwefelsaurem Kali ($\dot{K}\dddot{S}+\dot{H}\dddot{S}$).

*Eigenschaften.* Farblose, durchdringend und angenehm sauer riechende, scharf sauer schmeckende, ätzende Flüssigkeit, von 1,063 spec. Gewicht, raucht schwach an der Luft, siedet bei +120°, ist entzündlich und verbrennt mit blauer Flamme, krystallisirt bei +5° in glänzenden, durchsichtigen Blättern, und schmilzt dann erst wieder bei +16°. Mit Wasser in allen Verhältnissen mischbar. Ein Gemische von gleichen Theilen Säure und Wasser hat ebenfalls 1,063 spec. Gewicht, ein Gemische von 77,2 Säure und 22,8 Wasser hat 1,097 spec. Gewicht.

Die concentrirte Essigsäure enthält 1 Atom = 14,99 Procent Wasser; die von 1,079 spec. Gew. enthält 3 Atome.

Die wasserfreie Säure, die isolirt nicht bekannt ist, besteht aus:

| | Atome. | In 100 Th. |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | — 4 — | 47,103 |
| Wasserstoff | — 6 — | 5,869 |
| Sauerstoff | — 3 — | 47,028 |
| $C^4H^3O^3$ oder $\bar{A}$ | $= 637,92$ | 100,000. |

Sie kann als die höchste Oxydationsstufe des Acetyls betrachtet werden, $= C^4H^3 + 3O$.

### Essigsaure Salze.

*Essigsaures Kali*, $\dot{K}\bar{A}$. Schwer krystallisirbare, weifse, sehr zerfliefsliche Salzmasse.

*Essigsaures Natron*, $\dot{Na}\bar{A} + 6\dot{H}$. Klare prismatische Krystalle, in trockner Luft verwitternd, leicht löslich.

*Essigsaures Ammoniak*, $\dot{N}H^4\bar{A}$, im festen Zustand nur durch Sättigen von concentrirter Essigsäure mit Ammoniakgas zu erhalten. Beim Abdampfen seiner Lösung verwandelt es sich in ein saures Salz. Letzteres wird als eine strahlig krystallinische, zerfliefsliche, destillirbare Masse erhalten durch Destillation des Kalisalzes mit Salmiak.

*Essigsaure Baryt-*, *Strontian-* und *Kalkerde* sind krystallisirbare, in Wasser leicht lösliche Salze.

*Essigsaure Thonerde*, $\dddot{Al}\bar{A}^3$. Nicht krystallisirbare, gummiartige, sehr leicht lösliche, zusammenziehend schmeckende Masse.

*Essigsaures Eisenoxydul*, $\dot{Fe}\bar{A}$. Grüne, leicht lösliche Prismen. Das *Oxydsalz*, durch Sättigen von Essigsäure mit Eisenoxydhydrat, ist nicht krystallisirbar; seine Auflösung ist dunkel braungelb.

*Essigsaures Zinkoxyd*, $\dot{Zn}\bar{A} + 3\dot{H}$. Durch Auflösen des Metalls in Essigsäure oder durch Fällung des essigsauren Bleioxyds mit Zink. Grofse perlmutterglänzende, luftbeständige Krystalle. Seine Auflösung wird durch Schwefelwasserstoffgas vollständig gefällt.

*Essigsaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\bar{A} + 3\dot{H}$. Bleizucker. Im Grofsen durch Auflösen von gemahlener Bleiglätte in destillirtem

tem Essig. Farblose, glänzende, schwach verwitternde Prismen, von widerlich süfsem Geschmack, giftig. Leicht löslich, auch in Alkohol. Beim stärkeren Erhitzen schmilzt das wasserfreie Salz, unter Zersetzung von $\frac{1}{3}$ der Essigsäure in Kohlensäure und Aceton. Der erstarrte Rückstand ist $Pb^3\bar{A}^2$, in Wasser leicht löslich, aus der syrupdicken Lösung in perlmutterglänzenden Blättern krystallisirend. — Ein noch basischeres Salz, $=\dot{Pb}^3\bar{A}$, entsteht durch Digestion der Bleizuckerlösung mit Bleioxyd, oder durch Vermischen derselben mit wenig Ammoniak. Sehr zarte, seidenglänzende Nadeln oder weifse Masse. Die Lösung dieser beiden basischen Salze reagirt alkalisch und wird durch Kohlensäure in neutrales Salz verwandelt. Das basischste Salz, $=\dot{Pb}^6\bar{A}$, entsteht durch Fällung der beiden letzteren mit kaustischem Ammoniak oder durch Digestion mit überschüssigem Bleioxyd. Weifses, fein krystallinisches, in Wasser sehr schwer lösliches Pulver.

*Essigsaures Kupferoxyd,* $\dot{Cu}\bar{A}+\dot{H}$. Dunkelgrüne, undurchsichtige, rhomboëdrische Krystalle. In Wasser schwer löslich. Krystallisirt bei niedriger Temperatur mit 5 At. Wasser in durchsichtigen blauen Krystallen, die sich schon bei $+30^{\circ}$ in Krystall-Aggregate vom grünen Salz verwandeln. Der *Grünspahn,* $=\dot{Cu}\dot{H}+\dot{Cu}\bar{A}\dot{H}^5$, wird erhalten durch Einwirkung von Essig oder sauren Weinträbern auf Kupferbleche. Blaue oder blaugrüne, fein krystallinische Massen, in Wasser nur partiell löslich, unter Abscheidung eines noch basischeren Salzes.

*Essigsaures Quecksilberoxydul,* $\dot{Hg}\bar{A}$. Feine, leichte, perlmutterglänzende Krystallblättchen; sehr schwer löslich. Zu erhalten direct oder durch wechselseitige Zersetzung von $\dot{K}\bar{A}$ und $\dot{Hg}\ddot{\ddot{N}}$. Das *Oxydsalz* ist ebenfalls krystallisirbar, aber viel leichter löslich.

*Essigsaures Silberoxyd,* $\dot{Ag}\bar{A}$. Glänzende, biegsame, dünne Nadeln, sehr schwer löslich.

*Essigsaures Aethyloxyd,* $\dot{Ae}\bar{A}$ ($C^4H^5O+C^4H^3O^3$), durch Destillation von 10 Th. krystallisirtem essigsaurem

Natron mit einem Gemische von 15 Th. Schwefelsäure und 6 Th Weingeist von 80 Proc. Dünnflüssiges, sehr angenehm und erfrischend riechendes Liquidum, schwimmt auf Wasser, siedet bei +74°, sehr brennbar. In 7 Th. Wasser löslich. — Hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie Aldehyd.

### 3. Chloracetyl.

Durch Einwirkung von Chlorgas auf Chloräthyl unter dem Einflufs des Sonnenlichts entsteht ein dem Oel aus ölbildendem Gas und Chlor *) sehr ähnlicher und damit gleich zusammengesetzter Körper, der aber bei +64° siedet und durch Kali nicht zersetzt wird. Er ist $= C^4H^4Cl^2$. Er kann als eine Verbindung von Aethylchlorür mit Acetylchlorid betrachtet werden, $= C^4H^5Cl + C^4H^3Cl^3$. Durch weiter fortgesetzte Einwirkung von Chlor auf diesen Körper wird er ganz in $C^4H^3Cl^3$, nämlich in das der Essigsäure proportionale *Acetylchlorid* verwandelt. Es ist ein bei +75° siedendes, in Wasser untersinkendes Liquidum, welches durch weitere Einwirkung von Chlor den ganzen Wasserstoffgehalt verliert, und in Kohlenstoff-Sesquichlorür, $= C^2Cl^3$, verwandelt wird.

Aether, der Einwirkung von Chlorgas ausgesetzt, verwandelt sich, unter starker Salzsäure-Entwickelung, in ein aromatisch riechendes, in Wasser untersinkendes Liquidum, welches sich beim Erhitzen zersetzt und mit Kali in Chlorkalium und essigsaures Kali verwandelt. Es ist $= C^4H^3OCl$. Man kann es betrachten als $C^4H^3O^3 + 2C^4H^3Cl^3$.

Ein ähnlicher Körper entsteht durch Einwirkung des Chlors auf essigsaures Aethyloxyd. Derselbe ist $= C^4H^3O^2Cl$. Er kann also $2C^4H^3O^3 + C^4H^3Cl^3$ sein.

Wird reiner Aether unter Abkühlung zuerst mit Chlorgas ganz gesättigt und das Liquidum dann in Chlorgas dem Sonnenschein ausgesetzt, so verwandelt es sich in einen festen, farblosen, krystallisirten Körper, von campherartigem Geruch, unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, bei

*) Siehe unten Elayl.

$+69°$ schmelzbar, bei $+280°$ noch nicht flüchtig. Er ist $=C^4O€l^5$.

Das Oel des ölbildenden Gases ($C^2H^2€l$) in einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol aufgelöst, verwandelt sich in Chlorkalium und in *Acetylchlorür* $=C^4H^3€l$, welches sich beim Erwärmen aus der Flüssigkeit gasförmig entwikkelt. Es ist ein permanentes, knoblauchartig riechendes, erst bei $-17°$ condensirbares Gas.

## Zersetzungsproducte der Essigsäure.

### 1. Chlor und Essigsäure.

Concentrirte Essigsäure, in kleiner Menge in ein großes mit Chlorgas angefülltes Glasgefäß geschüttet und dem Sonnenschein ausgesetzt, verwandelt sich in einen farblosen, krystallisirenden Körper, der aus $C^4HO^4€l^3$ besteht. Er ist in der Wärme schmelzbar und destillirbar, an der Luft zerfließlich. Er verbindet sich unter Abscheidung von 1 Atom Wasser mit Basen zu Salzen. Er ist als eine Verbindung von Oxalsäure mit dem ihr proportionalen Kohlensesquichlorid zu betrachten $=C^2O^3+C^2€l^3$. Erwärmt man den krystallisirten Körper mit überschüssigem Alkali, so verwandelt er sich in Kohlensäure und Formylchlorid.

### 2. Aceton.

Wird Essigsäure einer gewissen höheren Temperatur ausgesetzt, z. B. concentrirte Essigsäure in Dampfform durch ein schwach glühendes Rohr geleitet, besonders aber ein essigsaures Salz mit starker Basis bis zu dieser Temperatur erhitzt, so zerlegt sich die Säure in Kohlensäure und in Aceton $=C^3H^3O$. Am besten erhält man es durch Destillation eines Gemenges von 1 Th. gebranntem Kalk und 2 Th. krystallisirtem essigsaurem Bleioxyd, und nachherige Rectification über Chlorcalcium.

Das Aceton (oder Essiggeist) ist eine farblose, durchdringend und eigenthümlich riechende, beißend schmekkende, brennbare Flüssigkeit, von 0,792 spec. Gewicht und $+55°,6$ Siedepunkt. Mit Wasser, Alkohol und Aether

mischbar. Das Aceton soll eine Art Alkohol sein, $= C^6H^5O + \dot{H}$, welcher durch Einwirkung von Säuren in Wasser und einen Aether $= C^6H^5O$ (Oenyloxyd oder Mesityloxyd) zerlegt werde und ähnliche Verbindungen wie der Wein-Alkohol hervorbringe.

### 3. Kakodyl.

Bei der Destillation von trocknem essigsaurem Kali mit arseniger Säure entsteht, unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure und Wasser, ein flüchtiges, an der Luft sich von selbst entzündendes Liquidum, eine organische Verbindung, die als viertes Element Arsenik enthält und aus $C^4H^6AsO$ besteht. Aus ihrem ganzen Verhalten geht hervor, dafs sie als das Oxyd eines dreifach zusammengesetzten Radicals zu betrachten ist, und dieses Radical ist wirklich isolirbar. In Bezug auf die Giftigkeit und den furchtbaren Geruch der meisten seiner Verbindungen hat es den Namen *Kakodyl* erhalten.

*a. Kakodyl*, $C^4H^6As$. Man erhält es durch wiederholte Digestion des Kakodylchlorürs mit Zink bei 110° und Ausziehen des gebildeten Zinkchlorürs mit Wasser. Nach dem Trocknen über Aetzkalk wird es in einer mit Kohlensäure gefüllten, luftdicht verschlossenen, gebogenen Röhre durch Destillation und mehrmalige Krystallisation bei —6° gereinigt.

Es ist eine wasserhelle, ätherartige, ekelhaft riechende, bei — 5° in glänzenden Prismen krystallisirende Flüssigkeit. Entzündet sich von selbst an der Luft und in Chlorgas unter Verbreitung dicker, weifser Dämpfe. Sinkt in Wasser unter, darin unlöslich; löslich in Aether und Alkohol. Vereinigt sich direct mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor etc. zu den folgenden Verbindungen. Bei ungefähr 600° zerfällt es vollständig in Arsenik und in ölbildendes Gas und Grubengas.

*b. Kakodyloxyd*, $C^4H^6As + O$ (Alkarsin). Entsteht durch Destillation eines trocknen Gemenges von gleichen Theilen essigsaurem Kali und arseniger Säure. Es geht,

verunreinigt durch metallisches Arsenik, Essigsäure und Aceton, welche darauf schwimmen, in die Vorlage über. Durch Waschen mit luftfreiem Wasser, unter sorgfältiger Vermeidung des Luftzutritts, und nachherige Destillation über Aetzkalk in einem mit Wasserstoffgas angefüllten Gefäfs, wird es rein erhalten.

Das Kakodyloxyd entsteht ferner durch directe Oxydation des Kakodyls bei langsamem Luftzutritt, so wie durch Reduction der Kakodylsäure vermittelst phosphoriger Säure.

Es ist eine dem Kakodyl sehr ähnliche Flüssigkeit, von höchst widerwärtigem Geruch, die sich an der Luft von selbst entzündet und mit weifser Flamme und starkem Rauch verbrennt. Schwerer als Wasser, damit nicht mischbar. Siedepunkt $= 150°$ Erstarrt erst bei $-23°$. Höchst giftig.

Das Kakodyloxyd vereinigt sich mit Säuren und mit Salzen. Beim Vermischen einer Lösung desselben in Alkohol mit einer Quecksilberchloridlösung entsteht ein weifser, in heifsem Wasser löslicher und daraus krystallisirbarer Niederschlag, der eine Verbindung von Kakodyloxyd mit 2 Atomen Quecksilberchlorid ist. Sie ist geruchlos. Mit Chlorwasserstoffsäure giebt sie Quecksilberchlorid und Chlorkakodyl.

*c. Kakodylsäure,* $\dot{H} + C^4 H^6 As O^3$ (Alkargen). Kakodyl oder Kakodyloxyd, unter Wasser der langsamen Einwirkung der Luft ausgesetzt, oxydiren sich zu Kakodylsäure. Sie krystallisirt in grofsen, farblosen Prismen, ist geruchlos, nicht giftig, schmelzbar, in Wasser und Alkohol löslich. Durch Zinnchlorür wird sie zu Kakodylchlorür, durch phosphorige Säure zu Kakodyloxyd reducirt.

*d. Kakodylsulfuret,* $C^4 H^6 As + S$, entsteht unmittelbar aus Schwefel und Kakodyl, oder durch Destillation des Chlorkakodyls mit Schwefelkalium. Aetherartige, stark lichtbrechende, höchst widrig riechende Flüssigkeit, die an der Luft nicht raucht, in Wasser untersinkt, darin unlöslich ist. Verwandelt sich mit Chlorwasserstoffsäure in Schwefelwasserstoff und Chlorkakodyl.

*e. Kakodylsulfid*, $2C^4H^6As + 5S$, entsteht, wenn man Schwefel in Kakodyl oder Kakodylsulfuret auflöst. Wird durch Krystallisation aus Aether gereinigt. Krystallisirt in farblosen Prismen, riecht wie Asa foetida, ist in Wasser unlöslich, in Alkohol leicht löslich, schmilzt bei $+43°$ und zerlegt sich bei der Destillation in Schwefel und das Sulfuret.

*f. Kakodylchlorür*, $C^4H^6As + Cl$, wird durch Digestion des Kakodyloxyds mit Chlorwasserstoffsäure, oder durch langsame Einwirkung von Chlor auf Kakodyl erhalten. Farbloses, ätherartiges, an der Luft nicht rauchendes Liquidum, von äufserst durchdringendem und reizendem Geruch. In Wasser unlöslich, darin untersinkend, leicht entzündlich. Es vereinigt sich mit Chlorüren von Metallen. — Aehnliche Verbindungen bilden Brom und Jod.

*g. Kakodylcyanür*, $C^4H^6As + C^2N$, entsteht durch Destillation von concentrirter Cyanwasserstoffsäure, oder einer Auflösung von Cyanquecksilber mit Kakodyloxyd. In letzterem Falle scheidet sich Quecksilber ab und es bildet sich zugleich ein höheres Kakodyloxyd. — Krystallisirt in diamantglänzenden Prismen von ungewöhnlicher Gröfse, höchst flüchtig und heftig riechend, in Wasser unlöslich, bei $+33°$ schmelzbar, beim Erstarren krystallisirend. Ist die giftigste unter diesen Verbindungen.

## III. Formyl.

### 1. Ameisensäure.

*Bildung.* Durch die unten näher anzugebende Wirkung von Chlor, Brom, Jod auf Alkohol entstehen Körper, welche als die Verbindungen des Ameisensäure-Radicals oder *Formyls*, $= C^2H$, mit diesen Salzbildern zu betrachten sind. Mit Alkalien zerfallen sie in ein Haloïdsalz und in Ameisensäure, eine Säure, welche in den Ameisen fertig gebildet vorkommt.

Dieselbe entsteht ferner aus den meisten Pflanzenstoffen durch die Einwirkung oxydirender Mittel. Traubenzucker z. B., mit Wasser und Bleisuperoxyd erwärmt, zer-

fällt gerade auf in Wasser, Kohlensäure und Ameisensäure, welche letztere mit Bleioxyd in Verbindung treten. Sie entsteht durch wechselseitige Zersetzung von Cyankalium mit Wasser (Th. I. S. 93) durch Berührung von Cyanwasserstoffsäure mit starken Säuren, durch Zersetzung der Oxalsäure in höherer Temperatur (Th. I. S. 57).

*Darstellung.* Durch Destillation von Ameisen mit Wasser und nachherige Concentration der verdünnten Säure wie bei der Essigsäure. Am zweckmäfsigsten durch Destillation eines Gemenges von Weinsäure, oder Stärke, Zucker u. dgl. mit verdünnter Schwefelsäure und Mangansuperoxyd *). Die überdestillirte, sehr verdünnte Säure wird mit einer Basis gesättigt und das trockne Salz mit nicht ganz concentrirter Schwefelsäure destillirt. Zur Darstellung der höchst concentrirten Säure wird das zerriebene trockne Bleisalz in einem geeigneten Apparat durch trocknes Schwefelwasserstoffgas zersetzt.

*Eigenschaften.* Farblose, schwach rauchende, höchst stechend riechende Flüssigkeit, unter 0° krystallisirend, von 1,2353 spec. Gewicht, +100° Siedepunkt; in Dampfform brennbar. Höchst ätzend, auf der Haut blasenziehend. Mit Wasser mischbar. Mit 2 Atomen basischem Wasser hat sie +106° Siedepunkt, 1,1104 spec. Gewicht und erstarrt noch nicht bei −15°.

*Zusammensetzung* der wasserfreien Säure:

| | | Atome. | | |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 2 | — | 32,469 |
| Wasserstoff | — | 2 | — | 2,697 |
| Sauerstoff | — | 3 | — | 64,834 |
| $C^2HO^3 = \bar{F} = 462{,}72$ | | | | 100,00. |

Die höchst concentrirte Säure ist $= \dot{H} + C^2HO^3$ und enthält 19,55 Proc. basisches Wasser.

Mit concentrirter Schwefelsäure vermischt, theilt sich

*) 10 Th. Stärke, 37 Braunsteinpulver, 30 Schwefelsäure, 30 Wasser, in einem geräumigen Gefäfs, und anfänglich sehr gelindes Erwärmen, wegen leichten Uebersteigens.

die Ameisensäure in Wasser und Kohlenoxydgas. Mit Quecksilberoxyd oder Silberoxyd erwärmt, verwandelt sie sich gänzlich in Wasser und Kohlensäure, unter Reduction des Metalls.

### Ameisensaure Salze.

Die *ameisensauren Alkalien* sind krystallisirbare, an der Luft zerfliefsliche Salze. Das *Ammoniaksalz*, $NH^4 + C^2HO^3$, in Dampfform durch ein schwach glühendes Rohr geleitet, zerfällt in Cyanwasserstoffsäure und Wasser.

*Ameisensaure Baryt-, Strontian-, Kalk- und Talkerde* krystallisiren in glänzenden, luftbeständigen Prismen.

*Ameisensaures Bleioxyd*, $\dot{Pb}\bar{F}$, krystallisirt, ohne Krystallwasser, in sehr glänzenden, schwerlöslichen Prismen; in Alkohol unlöslich.

*Ameisensaures Quecksilberoxyd*, $\dot{Hg}\bar{F}$, weifse, krystallinische Masse. Seine Auflösung verwandelt sich bei der geringsten Erwärmung in eine aus glänzenden Krystallschuppen bestehende Masse von Oxydulsalz, unter Entwickelung von Kohlensäure und Ameisensäure. Beim weiteren Erwärmen zerlegt sich auch das Oxydulsalz in Metall, Kohlensäure und Ameisensäure.

*Ameisensaures Aethyloxyd*, $\dot{Ae}\bar{F}$. Durch Destillation von 7 Th. trocknem ameisensaurem Natron mit einem Gemische von 10 Th. Schwefelsäure und 6 Th. Alkohol von 90 Proc. — Wasserhelles, durchdringend gewürzhaft riechendes Liquidum, siedet bei +53°, schwimmt auf Wasser, ist in 10 Th. Wassers löslich.

## 2. Chloral.

*Bildung*. Durch lange fortgesetzte Einwirkung von Chlorgas auf wasserfreien Alkohol, wobei 5 Aequiv. Wasserstoff als Chlorwasserstoff weggehen und 3 Aequiv. Chlor in die Zusammensetzung aufgenommen werden.

*Eigenschaften*. Farbloses, dünnes Liquidum, von eigenthümlichem angenehmem Geruch, reizt die Augen zu Thränen, 1,502 spec. Gewicht, +94° Siedepunkt. Verwandelt

sich nach einiger Zeit, unabhängig vom Luftzutritt und ohne Abscheidung eines anderen Körpers, in einen weifsen, porzellanähnlichen, in Wasser unlöslichen, isomerischen Körper. In wenigem Wasser löst es sich auf und erstarrt damit gleich nachher zu einem durchscheinenden, krystallinischen Hydrat. Dasselbe ist in Wasser löslich und unzersetzt destillirbar. Mit kaustischem Kali erwärmt, bildet es Formylchlorid und ameisensaures Kali.

*Zusammensetzung* $=C^4HO^2Cl^3$, $=C^2HCl+(CCl^2+\ddot{C})$, also eine Verbindung von Formylchlorür mit Kohlenchlorid-Kohlensäure.

Verdünnter Alkohol liefert mit Chlor Salzsäure und Aldehyd, welcher theilweise in Essigsäure übergeht. Alkohol von ungefähr 85 Proc. Alkoholgehalt bildet mit Chlor den sogenannten *schweren Salzäther*, ein in Wasser untersinkendes, aromatisch riechendes Liquidum, welches ein noch nicht richtig gekanntes Gemenge von mehreren Körpern ist. Wird er in einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol gelöst und Wasser zugemischt, so scheidet sich Formylchlorid ab.

*Brom* verhält sich zu Alkohol wie Chlor.

### 3. Formylchlorid.

*Darstellung*. Durch Destillation des Chlorals mit einem Alkali, oder des Alkohols mit dem 24fachen Volumen einer gesättigten Auflösung von Chlorkalk in Wasser.

*Eigenschaften*. Farbloses, ätherartig und süfslich riechendes und schmeckendes Liquidum, von 1,48 spec. Gew. und +61° Siedepunkt. In Wasser unlöslich, schwer entzündlich, durch Säuren nicht zersetzbar. Mit einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol bildet es ameisensaures Kali und Chlorkalium.

*Zusammensetzung*:

| | | Atome. | | |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 2 | — | 10,08 |
| Wasserstoff | — | 2 | — | 0,84 |
| Chlor | — | 6 | — | 89,08 |

$C^2HCl^3$, also die der Ameisensäure entsprechende Chlorverbindung des Formyls.

setzbar und schwer zu isoliren. Man erhält sie aber in Verbindung mit Chlorkalium krystallisirt, wenn man die Auflösung von Platinchlorid in Alkohol mit etwas Salzsäure und Chlornatrium versetzt, einige Zeit lang erwärmt und dann mit kohlensaurem Kali sättigt. Die Verbindung krystallisirt in regelmäfsigen, citrongelben Prismen, wird am Licht schwarz, verbrennt beim Erhitzen mit Flamme; ihre Auflösung wird beim Kochen zersetzt.

*Zusammensetzung* $= K Pt^2 Cl^3 C^4 H^4$, also wahrscheinlich $(K Cl + Pt Cl) + (2 C^2 H^2 + Pt Cl)$.

---

# '. ZERSETZUNG ORGANISCHER KÖRPER IN HÖHERER TEMPERATUR.

Wird ein organischer Körper ohne Luftzutritt erhitzt, wird beim Eintreten eines bestimmten Temperaturgrades ine Zusammensetzung zerstört, indem die Elemente auf idere Weise zu neuen, bestimmten Verbindungen zusamentreten, von denen gewöhnlich die eine flüchtig ist und idurch von der anderen geschieden wird. Häufig besteht ese Veränderung zunächst darin, dafs von dem Körper ein ler einige Aequivalente Wasserstoff und Sauerstoff als Wasr, oder Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure ausgehieden werden. Die neuen Producte haben wieder ihre stimmten Temperaturgrade, bei denen sie in andere Verndungen theilbar sind u. s. w. Die Zusammensetzung r successive entstehenden Verwandlungsproducte wird dai immer einfacher, die letzten sind rein unorganischer Art. eispiele von einfachen und genau verfolgbaren Zerlegungseisen bei begrenzten Temperaturen haben mehrere der im orhergehenden angeführten Körper gegeben, wie die Ciouensäure, Aepfelsäure, Benzoësäure, Essigsäure u. a.

Wird ein organischer Körper ohne Unterbrechung nach ıd nach allen Temperaturgraden bis zur Glühhitze ausgetzt, so mufs natürlicherweise ein sehr complicirtes Geenge von Zersetzungsproducten von allen Temperaturgran erhalten werden, indem stets aus den einzelnen Zertzungsperioden diejenigen Producte, welche flüchtig sind, r weiteren Zersetzung entgehen, weil sie sich verflüchtin, die nicht flüchtigen aber weiter zersetzt werden. Zutzt bleibt gewöhnlich mehr oder weniger Kohle zurück. on den stickstofffreien Substanzen sind diese gemengten roducte sauer von erzeugter Essigsäure, von stickstoffhalgen sind sie alkalisch von erzeugtem Ammoniak.

Wie viele und merkwürdige Körper in solchen gemengn Destillationsproducten enthalten sein können, zeigen die

Producte von der Destillation des Holzes und der Steinkohlen. Bei der Verkohlung des Holzes in Destillationsöfen und bei der Anwendung von Steinkohlen zur Gasbeleuchtung werden diese Producte im Grofsen gewonnen, und haben dadurch Veranlassung zur näheren Untersuchung gegeben. Es ist wahrscheinlich, dafs die Destillationsproducte des Zuckers, der Stärke, des Gummi's und vieler anderer ähnlicher Pflanzenstoffe im Allgemeinen dieselben wie die vom Holze sein werden.

## Producte von der Destillation des Holzes.

Die allgemeinen sind: 1) Kohle, 2) kohlenstoffhaltige Gase, 3) eine saure, übelriechende, wässrige Flüssigkeit (Holzessig), 4) eine schwarze, übelriechende, ölartige Masse oder Theer. Die beiden letzteren sind schwer trennbare Gemenge von sehr vielen Substanzen; die merkwürdigsten darunter sind: Essigsäure, Holzalkohol, Paraffin, Kreosot und Eupion.

### 1. Essigsäure.

Sie kann in jeder Stärke und in vollkommener Reinheit mit Vortheil aus dem Holzessig gewonnen werden. Der gewöhnliche Reinigungsprocefs desselben besteht darin, dafs er mit Kalkhydrat gesättigt, der essigsaure Kalk durch schwefelsaures Natron zersetzt, das so gebildete und krystallisirt dargestellte, aber noch sehr unreine, braune essigsaure Natron bis zur Zerstörung aller fremden Stoffe geschmolzen, und nach dem Umkrystallisiren durch Schwefelsäure zersetzt wird.

### 2. Holzalkohol.

*Darstellung.* Aus dem bei der Rectification des Holzessigs zuerst übergehenden flüchtigeren Destillat, welches zuerst wiederholt über Kalk, zur Entfernung aller Säure, und nachher im Wasserbade mit einem Ueberschufs von Chlorcalcium destillirt wird, wobei andere beigemengte Flüssigkeiten, z. B. Aceton, abdestilliren, der Holzalkohol aber mit dem Salz verbunden bleibt und erst nachher nach Zu-

satz von Wasser abdestillirt. Durch Rectification über gebrannten Kalk wird er wasserfrei erhalten.

*Eigenschaften.* Farbloses, dünnflüssiges Liquidum von alkoholartigem Geruch und Geschmack, 0,798 spec. Gew., +66°,5 Siedepunkt, 1,12 spec. Gewicht des Gases, leicht entzündlich, mit Wasser, Alkohol und Aether mischbar. Vereinigt sich mit wasserfreier Baryterde und mit Chlorcalcium zu krystallisirenden, durch Wasser leicht zersetzbaren Verbindungen.

*Zusammensetzung:*

| | | Atome. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 1 | oder | 2 | — | 37,544 |
| Wasserstoff | — | 4 | — | 8 | — | 12,475 |
| Sauerstoff | — | 1 | — | 2 | — | 49,981. |

Der Holzalkohol ahmt in seinem Verhalten zu anderen Körpern vollkommen den Weinalkohol nach. Durch Säuren wird er zerlegt in Wasser und einen Aether, $= C^2H^3O$, welcher dieselbe Reihe von Verbindungen bildet wie der gewöhnliche Aether, und daher als das Oxyd von einem besonderen Radical, dem *Methyl*, $= C^2H^3$, zu betrachten ist. Der Holzalkohol könnte als das Hydrat dieses Oxyds betrachtet werden, $= C^2H^3O + \dot{H}$.

1. *Methyloxyd*, $C^2H^3O = \dot{M}$. Entsteht durch Destillation von Holzalkohol mit 4 Th. Schwefelsäure. Aetherartig riechendes, noch nicht bei −16° condensirbares Gas, von 1,617 spec. Gewicht, brennbar, in Wasser und Alkohol löslich. Hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie der Weinalkohol.

2. *Schwefelsaures Methyloxyd*, $\dot{M}\dddot{S}$. Durch Destillation von Holzalkohol mit 8 Th. Schwefelsäure. Farblose, ölige Flüssigkeit von knoblauchähnlichem Geruch, 1,324 spec. Gew., +188° Siedepunkt. Zersetzt sich mit kaltem Wasser langsam, mit kochendem sogleich in Holzalkohol und *saures schwefelsaures Methyloxyd*, $\dot{M}e\dddot{S} + \dot{H}\dddot{S}$, welches am einfachsten durch Vermischen von Holzalkohol mit 2 Th. Schwefelsäure erhalten wird. Krystallisirt bei vorsichtigem Verdunsten in farblosen, sauren Prismen; bildet mit ande-

ren Basen krystallisirende Doppelsalze. Das Kalk-, Baryt- und Bleisalz sind leicht löslich.

3. *Salpetersaures Methyloxyd*, $\dot{M}\ddot{\ddot{N}}$. Durch Destillation von 1 Th. Salpeter mit $\frac{1}{2}$ Holzalkohol und 1 Schwefelsäure. Farbloses, schwach ätherartig riechendes Liquidum, von 1,182 spec. Gew. und +66° Siedepunkt. Sein Gas, bis zu +150° erhitzt oder angezündet, explodirt. In Wasser unlöslich. Fehlt in der Aethyl-Reihe; dagegen existirt kein salpetrigsaures Methyloxyd.

4. *Oxalsaures Methyloxyd*, $\dot{M}\ddot{C}$. Durch Destillation von gleichen Theilen Oxalsäure, Holzalkohol und Schwefelsäure. Krystallisirt in farblosen, rhomboïdalen Tafeln, von schwachem Geruch, +51° Schmelzpunkt, +161° Siedepunkt. In Wasser löslich, womit es sich beim Erhitzen sogleich in Oxalsäure und Holzalkohol zersetzt.

5. *Essigsaures Methyloxyd*, $\dot{M}\bar{A}$, ist in dem rohen Holzalkohol enthalten; wird wie das essigsaure Aethyloxyd bereitet. Farblos, dünnflüssig, angenehm ätherartig riechend, von 0,92 spec. Gewicht, +58° Siedepunkt, in 2 Th. Wassers löslich. Hat dieselbe procentische und Atom-Zusammensetzung und dasselbe spec. Gewicht in Gasform wie das ameisensaure Aethyloxyd.

6. *Ameisensaures Methyloxyd*, $\dot{M}\bar{F}$. Sehr flüchtig, ätherartig riechend, auf Wasser schwimmend. Hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie wasserhaltige Essigsäure.

7. *Methylchlorür*, $C^2H^3Cl$. Durch Destillation von schwefelsaurem Methyloxyd mit Kochsalz. Farbloses Gas, von ätherartigem Geruch, 1,731 spec. Gewicht, mit grüngesäumter Flamme brennbar, in Wasser wenig löslich.

8. *Methylfluorür*, $C^2H^3F$. Durch Destillation von schwefelsaurem Methyloxyd mit Fluornatrium. Farbloses, ätherartig riechendes Gas, von 1.186 spec. Gewicht, mit blauer Flamme brennbar, in Wasser wenig löslich, greift nicht das Glas an.

9. *Methyl-Sulfhydrat*, $C^2H^3S + HS$. Darstellung und Eigenschaften ganz ähnlich wie bei der entsprechenden Aethyl-Verbindung.

Die

Die übrigen Methyl-Verbindungen sind theils noch nicht dargestellt, theils noch wenig bekannt, theils den entsprechenden Aethyl-Verbindungen ganz ähnlich.

Durch Einwirkung von schwarzem Platinpulver wird der Holzalkohol in Wasser und Ameisensäure verwandelt. Eine dem Aldehyd entsprechende Verbindung ist noch nicht bekannt. Durch Destillation von Holzalkohol mit Braunstein und verdünnter Schwefelsäure entsteht ameisensaures Methyloxyd und eine andere ätherartige, aromatisch riechende, in 3 Th. Wasser lösliche Flüssigkeit von +42° Siedepunkt und 0,855 spec. Gew., $=C^6H^8O^4$ (Methylal).

Durch Einwirkung von Chlor auf Holzalkohol, Methyloxyd und Methylchlorür entstehen Verbindungen vom Radical der Ameisensäure. Holzalkohol, mit unterchlorigsaurem Kalk destillirt, giebt Formylchlorid.

### 3. Paraffin.

Es ist im Theer enthalten. Es ist ein farbloser, der Stearinsäure nicht unähnlicher, wachsartiger Körper; geruch- und geschmacklos, bei +43°,75 schmelzbar, erstarrt zu einer durchsichtigen, krystallinischen Masse, destillirbar, in Alkohol wenig löslich. Wird nicht von Chlor, nicht von Säuren, nicht von Alkalien verändert. Hat dieselbe procentische Zusammensetzung wie das ölbildende Gas.

### 4. Kreosot.

Im Theer, im Rauch, so wie auch in geringerer Menge im Holzessig, deren Geruch, Geschmack und fäulnifswidrige Wirkungen es bedingt. Farblose, ölig dickfliefsende Flüssigkeit von unangenehmem, rauchartigem Geruch und beifsendem Geschmack, 1,037 spec. Gew., +203° Siedepunkt. Brennbar wie ein Oel; in geringer Menge in Wasser löslich, mit Alkohol und Aether mischbar. Verbindet sich mit Kalihydrat zu einer perlmutterglänzenden, leicht schmelzbaren Substanz; von Säuren wird es zerstört. Ausgezeichnet durch die Eigenschaft, in wässriger Auflösung die Fäulnifs thierischer Substanzen zu verhindern. Giftig.

### 5. Picamar.

Im Theer. Farbloses, dickes Oel, von schwachem Geruch und höchst bitterem Geschmack, 1,095 spec. Gewicht, +270° Siedepunkt, in Wasser unlöslich, mit Alkohol mischbar. Bildet mit den Alkalien krystallisirende Verbindungen.

### 6. Eupion.

Es ist ein Zerstörungsproduct aus den Bestandtheilen des Theers von der Einwirkung der zur Darstellung angewandten Reagentien. Farbloses, höchst dünnflüssiges, angenehm riechendes Liquidum, ohne Geschmack, von 0,655 spec. Gewicht, +47° Siedepunkt, sehr brennbar, in Wasser unlöslich. Wird durch Säuren, Alkalien, Kalium nicht verändert. *Zusammensetzung* $=C^5H^6$.

Aufserdem hat man aus den Destillationsproducten vom Holz noch mehrere andere, bis jetzt wenig gekannte Substanzen ausgezogen; sie haben die Namen *Pittakall*, *Kapnomor*, *Cedriret*, *Chrysén*, *Pyrén* und *Pyroxanthin* erhalten. Alle diese Körper erfordern zu ihrer Isolirung sehr umständliche Reinigungsprocesse.

## Producte von der Destillation der Steinkohlen.

Die allgemeinen sind: 1) Kohle (Coaks), 2) kohlenstoffhaltige Gase, besonders ölbildendes Gas, 3) eine übelriechende wäfsrige Flüssigkeit, die Ammoniaksalze enthält, 4) Theer.

Wird der Theer mit Wasser destillirt, so geht ein ölartiger Körper über, und zurück bleibt eine schwarze, harzartige, noch wenig gekannte Masse. Das Oel ist ein Gemenge von vielen Körpern, die theils mit Basen, theils mit Säuren verbindbar zu sein scheinen, wovon aber die wenigsten genau gekannt sind. Die merkwürdigsten darunter sind das *Anilin* (Kyanol, siehe Indigo S. 88) und die *Karbolsäure* (Phenylhydrat, siehe Salicin S. 93). Durch kaustisches Kali kann die Karbolsäure, durch Salzsäure das

ıilin ausgezogen werden. — Zu den ausgezeichneteren Beandtheilen des Steinkohlentheers gehört ferner das *Nattalin*, welches man zuweilen auch schon ziemlich rein gewissen Theilen der Gasbereitungsapparate sublimirt finet. Man erhält es, wiewohl anfangs noch sehr verunreigt und zum Theil in Theeröl aufgelöst, durch Destillaon des Theers für sich, besonders aber durch Destillation esselben mit Chlorkalk und verdünnter Schwefelsäure.

### N a p h t a l i n.

*Eigenschaften.* Krystallinisch, farblos, durchsichtig, iecht stark, eigenthümlich, nicht unangenehm, schmeckt rennend und aromatisch; ist schwerer als Wasser, darin nlöslich, schmilzt bei +80°, siedet bei +217° und submirt sich dabei in glänzenden Blättern. Spec. Gewicht es Gases = 4,489. Destillirt mit Wasser leicht über. Verrennt mit leuchtender, rufsender Flamme. In Alkohol und ether leicht löslich, beim Verdunsten krystallisirend.

*Zusammensetzung:*

| | | Atome. | | |
|---|---|---|---|---|
| ohlenstoff — | 93,77 — | 5 | Volum. Kohlengas | = 4,1524 |
| Vasserstoff — | 6,23 — | 4 | — Wasserstoffgas | = 0,2752 |
| | 100,00 — | 1 | Vol. Naphtalingas | = 4,4276. |

*Naphtalin und Schwefelsäure.* Naphtalin löst sich ı erwärmter concentrirter Schwefelsäure leicht auf; mit er wasserfreien Säure vereinigt es sich unter Erhitzung, nd wird dabei anfangs schön purpurroth. Die Verbindung nthält 3 eigenthümliche Säuren, die *Naphtalinunterschwefelsäure*, die *Naphtinunterschwefelsäure* und die *Glutinunterschwefelsäure.*

Zur Trennung derselben wird die Masse mit Wasser erdünnt, mit kohlensaurem Baryt gesättigt und die 3 Batsalze vermöge ihrer ungleichen Löslichkeit und Krystalirbarkeit von einander getrennt.

Die *Naphtalinunterschwefelsäure*, $C^{20}H^{8}\dddot{S}$, ist farbs, krystallinisch, geruchlos, schmelzbar, in Wasser löslich, rfliefslich, sauer schmeckend. Verbindet sich mit Basen neutralen Salzen in derselben Proportion wie die Un-

9*

terschwefelsäure für sich und ohne Abscheidung des Naphtalins. Das *Barytsalz*, $\dot{Ba} C^{20} H^{8} + \dddot{S}$, krystallisirt in glänzenden leichten Schuppen, verbrennt beim Erhitzen mit Flamme, ist in Alkohol unlöslich, verliert beim Erwärmen 1 Atom Wasser.

Die *Naphtinunterschwefelsäure*, sehr ähnlich der vorhergehenden. Ihr *Barytsalz* ist nicht krystallinisch, in Wasser sehr langsam löslich.

Die *Glutinunterschwefelsäure* wird aus ihrer wässrigen Lösung durch Salzsäure als eine Milch gefällt, die sich zu durchsichtigen zähen Tropfen ansammelt; ihre Salze krystallisiren nicht.

Wird Naphtalin im Ueberschufs in Schwefelsäure aufgelöst, so scheidet sich beim Verdünnen mit Wasser der Ueberschufs ab. Mit Wasser destillirt hinterläfst dieses Naphtalin einen fettartigen Körper, der aus 2 neuen, durch Alkohol trennbaren Verbindungen besteht, dem *Sulfonaphtalin*, $= C^{20} H^{8} \ddot{S}$, und dem *Sulphonaphtalid*, $= C^{24} H^{10} \ddot{S}$. Beide sind geruchlos, in Wasser unlöslich, verschieden schmelzbar.

*Naphtalin und Chlor*. Durch Einwirkung von Chlor auf Naphtalin entstehen zwei Verbindungen zwischen beiden Körpern: ein Chlorür und ein Chlorid. Durch weitere Einwirkung von Chlor auf diese Verbindungen unter verschiedenen Umständen werden Wasserstoffatome weggenommen, und es entstehen Chloride von neuen Radicalen.

1. *Naphtalinchlorür*, $C^{10} H^{4} Cl$, entsteht, wenn Naphtalin bei gewöhnlicher Temperatur Chlorgas absorbirt. Gelbliches Oel, schwerer als Wasser, darin unlöslich.

2. *Naphtalinchlorid*. $C^{10} H^{4} Cl^{2}$, entsteht, wenn Naphtalin bei $+60°$ mit Chlorgas gesättigt wird. Krystallisirt aus Aether in durchsichtigen, rhomboïdalen Tafeln, schmilzt bei $+160°$, erstarrt krystallinisch.

3. *Dekahexylchlorür*, $C^{10} H^{3} Cl$, bildet sich bei der Destillation des vorhergehenden, unter Entwickelung von Chlorwasserstoffsäure. Krystallisirt aus Alkohol in farblosen rhombischen Prismen, ist geschmack- und geruchlos, schmilzt bei $+44°$.

4. *Dekahexylchlorid*, $C^{10}H^{3}Cl^{3}$, entsteht durch Einwirkung von Chlorgas auf das vorhergehende bei gewöhnlicher Temperatur. Sehr ähnlich dem vorigen, schmilzt bei +41°, ist unverändert sublimirbar.

5. *Dekapentylchlorid*, $C^{20}H^{5}Cl^{3}$, entsteht durch Einwirkung von Chlorgas auf Naphtalinchlorür im Sonnenschein oder in der Wärme, und nachherige Destillation des entstandenen Oeles. Krystallisirt aus Aether in grofsen, gestreiften Prismen; farblos, geruchlos, weich wie Wachs, bei +73° schmelzbar.

*Naphtalin und Salpetersäure.* 1. *Salpetrigsaures Ikodekatesseryloxyd*, $C^{20}H^{7}O+\ddot{N}$. Diese Verbindung entsteht durch Erhitzen von Naphtalin mit Salpetersäure; krystallisirt aus Alkohol in schwefelgelben, 4seitigen Prismen, schmilzt bei +43°, sublimirt sich bei vorsichtigem Erhitzen, bei plötzlichem verbrennt es.

2. *Salpetrigsaures Dekahexyloxyd*, $C^{10}H^{3}O+\ddot{N}$, entsteht durch Kochen des vorhergehenden oder des Naphtalins mit Salpetersäure, bis kein öliger Körper mehr aufschwimmt. Scheidet sich beim Erkalten der Flüssigkeit als ein krystallinisches gelbes Pulver ab, schmilzt bei +185°, ist unverändert sublimirbar, in Wasser und Alkohol unlöslich. Löst sich unverändert in concentr. Schwefelsäure.

## Producte von der Destillation von Fett und Harz.

***Die Fette***, bis zu der Temperatur erhitzt, wobei sie sieden, d. h. sich zersetzen, geben fette Säuren und Producte von der Zerstörung des Glycerins (vgl. S. 56). Höheren Temperaturen ausgesetzt, indem man sie z. B., wie bei der Leuchtgas-Bereitung aus Fett, in glühende Gefäfse fliefsen läfst, geben sie eine grofse Menge ölbildendes Gas und sogenanntes empyreumatisches oder Brandöl, d. h. Gemenge von mehreren sehr brennbaren, flüchtigen Oelen, von ungleichen Siedepunkten, ungleichen spec. Gewichten, aber alle von derselben procentischen Zusammensetzung wie

das ölbildende Gas. Einige davon werden durch Reagentien, z. B. Schwefelsäure und Salpetersäure, leicht zerstört, andere nur schwer oder gar nicht, ein Mittel, die letzteren abzuscheiden.

Wird das aus Fetten erhaltene Leuchtgas stark abgekühlt oder stark zusammengepreſst, so setzt es ein in ihm abgedunstetes, stark riechendes Oel ab, das ein Gemenge von wenigstens 3 verschiedenen Kohlenwasserstoffarten ist. Der eine davon erstarrt bei 0° zu einer krystallinischen Masse, riecht eigenthümlich, siedet bei +85°,5; schwimmt auf Wasser, verbindet sich mit Schwefelsäure und mit Chlor, und ist identisch mit Benzol (S. 15). — Der andere ist eine schon bei 0° siedende Flüssigkeit von 0,627 spec. Gewicht in liquidem, und 1,96 spec. Gewicht in Gas-Zustand. Er enthält in 1 Volumen 2 Vol. Kohlengas und 4 Vol. Wasserstoffgas, besteht also aus $C^2 H^2$. Vereinigt sich mit einem gleichen Volum Chlorgas zu einem ätherartigen, liquiden Körper $= C^2 H^2 Cl$.

*Fichtenharz*, zum Behuf der Leuchtgasbereitung bei Glühhitze zersetzt, liefert auſser dem ölbildenden Gas ein braunes Oel, welches ebenfalls ein Gemenge von vielen, ungleich schweren und ungleich flüchtigen Kohlenwasserstoffarten ist, verschieden von denen aus Fett.

*Kautschuck* liefert bei der Destillation viel ölbildendes Gas und eine groſse Menge übelriechendes flüchtiges Oel, das beste Lösungsmittel für das Kautschuck. Das Gas enthält den condensirbaren Kohlenwasserstoff $C^2 H^2$, und das Oel ist wiederum ein Gemenge von mehreren liquiden Kohlenwasserstoffarten, von denen einer die Zusammensetzung des Terpenthinöls, $C^5 H^4$, hat, ein anderer, der bei —10° krystallisirt und bei +14°,5 siedet, die des ölbildenden Gases, die übrigen noch nicht untersucht sind.

*Petroleum* (Steinöl, Naphta), ein mineralisches flüchtiges Oel, welches an vielen Orten (z. B. am caspischen Meer bei Baku in Persien, zu Amiano in Parma) oft in groſser Menge mit Wasser aus der Erde quillt, und dessen Entstehung wahrscheinlich mit der Bildung der Steinkohlen im Zusammenhang steht. Es ist theils farblos, theils

ler röthlich, von eigenthümlichem Geruch, sehr brenn-
hwimmt auf Wasser; zuweilen ist es theerartig und
Paraffin aufgelöst. Gleich den vorhergehenden öl-
Destillationsproducten ist es ein Gemenge von meh-
liquiden Kohlenwasserstoffarten, wahrscheinlich we-
s zum Theil identisch mit denen im Steinkohlenöl,
etc.

# THIERSTOFFE.

Die Stoffe, aus denen die Organe und Gewebe des Thierkörpers bestehen oder aus denen sie erzeugt werden, und durch deren Vermittelung unter dem geheimnifsvollen Einflusse der Nerven die Erscheinungen des Lebens vor sich gehen, sind: das *Albumin*, das *Fibrin*, das *Globulin*, das *Caseïn*, das *Hämatin*, die *leimgebenden Gewebe* und die *Fette*. Zur Bildung des festen Gerüstes, des Skeletts, des Körpers dienen *phosphorsaure* und *kohlensaure Kalkerde*.

Die 4 ersten sind die Proteïnstoffe, von denen wenigstens das Albumin identisch ist mit dem in den Pflanzen (vergl. S. 41.).

Albumin, Fibrin, Globulin und Hämatin sind die Hauptbestandtheile des Blutes; aus dem Blute aber werden alle Organe und Gewebe des Körpers gebildet. Keine dieser stickstoffhaltigen Materien ist krystallisirbar. In dem lebenden Körper sind sie theils in Auflösung, theils in festem Zustande enthalten, in letzterem Falle aber stets in dem der lebenden organischen Materie eigenthümlichen und nothwendigen Zustande von Aufweichung durch Wasser. Nur wenige dieser Stoffe kommen für sich in ungemengter, unorganisirter Form vor, sondern alle Organe bestehen aus höchst feinen Verwebungen verschiedener organisirter Theile, gebildet aus jenen, sowohl in den physikalischen als chemischen Eigenschaften verschiedentlich modificirten Grundmaterien. In rein chemischer Hinsicht bieten diese Stoffe bis jetzt wenig Interesse dar, ihre wahre Natur ist vielleicht noch nicht erkannt, um so bedeutungsvoller aber sind sie für die physiologische Chemie, deren Aufgabe es ist, nachzuweisen, wie sie aus der Nahrung der Thiere (den Pflanzen-Proteïnstoffen, der Stärke, dem Zucker, dem Gummi, den Fetten) unter dem Einflufs des durch die Respiration zugeführten Sauerstoffs der Luft gebildet werden, zu erklä-

n, worin die chemischen Vorgänge der Ernährung, des Vachsthums, der Reproduction bestehen, auf welche Weise irch die Nahrung wieder ersetzt wird, was bei dem unfhörlichen Stoffwechsel in Form von Kohlensäure, Wasr, Ammoniak und organischen Excretionsproducten, benders Stickstoff-Verbindungen, aus dem Körper weggeht.

Diese letzteren organischen Materien, die gleichsam als othwendige Nebenproducte von jenen Umwandlungsprocesn zu betrachten sind, und, für den Organismus nicht weir anwendbar, durch besondere Organe aus demselben entrnt werden, wie namentlich die characterisirenden Beandtheile des Harns, machen die zweite Klasse der Thieroffe aus, wesentlich verschieden von jenen lebensfähigen, ie Lebensverrichtungen bedingenden Grundmaterien, sovohl durch ihre Krystallisationsfähigkeit, als auch durch ire nach den gewöhnlicheren Verhältnissen bestimmt proortionirte und einfachere Zusammensetzungsweise. Unter llen sind sie am genausten gekannt und ihre Metamorphoen aus ihrer Zusammensetzung nachweisbar.

---

## Das Blut.

Das Blut, so lange es in den Adern fliefst, besteht aus einer klaren Flüssigkeit und zahllosen darin schwimmenden, nur unter dem Microscop erkennbaren, bei den höheren Säugethieren scheibenförmigen, kreisrunden oder elliptischen, gelblichrothen Körperchen, in deren Centrum man einen farblosen Kern bemerkt. Diese Körperchen enthalten zwei von den Hauptbestandtheilen des Blutes, das *Hämatin* und das ***Globulin***. Die klare Blutflüssigkeit dagegen ist eine Auflösung der beiden anderen, nämlich des *Albumin's* und des ***Fibrin's***.

Aus der Ader gelassen, coagulirt das Blut augenblicklich, indem das Fibrin aus dem aufgelösten in den ungelösten Zustand übergeht, dabei die Blutkörperchen einschliefst und mit ihnen eine zusammenhängende, gelatinöse Masse (den Blutkuchen, Placenta sanguinis) bildet, von dem sich bei der weiteren Zusammenziehung die übrig bleibende Lösung des Albumins als eine gelbliche, durchsichtige Flüssigkeit (das Blutwasser, Serum sanguinis) abscheidet. Nur bei den kaltblütigen Thieren gerinnt das Blut so langsam und sind die Blutkörperchen so grofs, dafs sie sich vor der Coagulation des aufgelösten Fibrins von diesem durch Filtration trennen lassen. Durch Zumischung von höchst wenig Kalihydrat kann das Gerinnen des Blutes verhindert werden, weil das Fibrin dann aufgelöst bleibt. — Wird das Blutwasser bis zu +70° erhitzt, so gerinnt auch das darin gelöste Albumin, und es gesteht zu einer Gallert.

Wird das Blut, indem es aus der Ader fliefst, geschlagen, so scheidet sich das gerinnende Fibrin in weifsen, faserigen Massen ungelöst ab, ohne dabei die Blutkörperchen einzuschliefsen, die dann mit unveränderter Form im Serum suspendirt bleiben. Vermöge der schleimigen Beschaffenheit des letzteren lassen sie sich dennoch nicht abfiltriren, was erst nach Zumischung des 6fachen Volumens einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Natron möglich wird. Sie bleiben dann als eine rothe, gelatinöse Masse zurück.

Wasser mit Blut vermischt, löst bald die Blutkörper-

chen auf, unter Zurücklassung ihrer Kerne. In Blutserum, so wie in Zucker- und Salz-Lösungen, erhalten sich die Blutkörperchen unverändert.

### 1. Albumin.

Es ist der wesentliche Bestandtheil sowohl des Blutwassers als des gewöhnlichen Eiweifses, und ist überhaupt im thierischen Körper aufserordentlich verbreitet. Es hat zweierlei Zustände, einen löslichen, in welchem es in den thierischen Flüssigkeiten enthalten ist, und einen nicht-löslichen, in den es beim Erhitzen bis zu +70° übergeht (coagulirtes und uncoagulirtes Albumin).

*Darstellung.* Das *uncoagulirte* erhält man durch Abdampfen von Blutserum oder Hühnereiweifs bei höchstens +50° und Extrahiren der gelben, durchsichtigen, noch unreinen Albuminmasse, nach dem Pulvern, zuerst mit Aether und dann mit Weingeist, wodurch Fett und andere Bestandtheile des Serums und Eiweifses ausgezogen werden.

*Eigenschaften.* Farblos, geschmack- und geruchlos. In Wasser quillt es zuerst auf, nachher bildet es damit eine schleimige, ganz geschmacklose Lösung. Bis zu +60° erhitzt, trübt sie sich, bei +61° erstarrt sie zu einer weifsen, festen Masse, indem das Albumin in den unlöslichen Zustand übergeht. Eine verdünnte Lösung coagulirt erst bei +70°, eine sehr verdünnte wird erst bei +100° trübe.

Aus dieser Lösung wird das Albumin ferner coagulirt gefällt durch Alkohol, durch Kreosot, durch Säuren, besonders Salpetersäure. Die Niederschläge durch letztere sind Verbindungen derselben mit coagulirtem Albumin. Durch Essigsäure wird es nicht gefällt.

Coagulirtes Albumin ist nach dem Trocknen gelblich, hart, durchscheinend, quillt in Wasser auf, ohne sich aber zu lösen. Mit Säuren vereinigt es sich zu Verbindungen, die in überschüssiger Säure unlöslich, in Wasser aber löslich sind. In Essigsäure und ᵇPhosphorsäure löst es sich auch bei Säureüberschufs; von ᵃPhosphorsäure wird es coagulirt gefällt. Verdünnte Chlorwasserstoffsäure fällt das Albumin, concentrirte löst das coagulirte mit blauer Farbe auf;

Wasser fällt daraus salzsaures Albumin. Aus den aufgelösten Verbindungen mit Säuren wird das Albumin durch Kaliumeisencyanür gefällt.

Coagulirtes Albumin löst sich in kaustischen Alkalien und neutralisirt sie. Die Lösungen fällen aus aufgelösten Metallsalzen unlösliche Albuminate von diesen Metallen.

Quecksilberchlorid wird aus seiner Lösung durch uncoagulirtes Albumin vollständig gefällt. Der Niederschlag besteht aus einem Gemenge von Quecksilberoxyd-Albuminat und salzsaurem Albumin, letzteres ausziehbar durch Wasser. Auf dieser Zersetzung des Quecksilberchlorids beruht die Wirkung des Eiweifses als Gegengift bei Vergiftungen mit diesem Salz. — Aehnliche Niederschläge bildet das Albumin mit anderen Metallsalzen.

Das Albumin löst phosphorsauren Kalk auf. Sowohl das uncoagulirte als das coagulirte Albumin enthalten gegen 2 Procent von diesem Kalksalz, ausziehbar durch verdünnte Salzsäure. Blankes Silber wird durch Albumin geschwärzt in Folge der Bildung von Schwefelsilber.

### 2. Fibrin.

Im lebenden Blute ist es im uncoagulirten, aufgelösten, im geronnenen Blute und in den Muskeln im coagulirten Zustand enthalten.

*Darstellung.* Durch Schlagen oder Quirlen von frisch gelassenem Blut, wobei sich das coagulirende Fibrin in fadigen Massen an den Quirl absetzt. Durch Kneten und Waschen mit Wasser, nachheriges Auskochen mit Alkohol und Aether, zur Entfernung von Fett, wird es gereinigt.

*Eigenschaften.* Nach dem Trocknen gelbliche, undurchsichtige, faserige Masse; hart, spröde, geruch- und geschmacklos. Hinterläfst, gleich dem Albumin, nach dem Verbrennen phosphorsauren Kalk.

Es ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether. In Wasser quillt es auf und erweicht. Durch sehr langes Kochen mit Wasser, namentlich unter höherem Druck, erleidet es eine Veränderung, denn es löst sich auf. Eben so verhält sich das coagulirte Albumin.

Es verbindet sich mit Basen und mit Säuren. Mit concentrirten Säuren übergossen, quillt es auf, wird gelatinös, durchscheinend, und löst sich nachher in reinem Wasser. In concentrirter Salzsäure löst es sich mit dunkel violetter Farbe. In Essigsäure gelatinirt es und löst sich dann in warmem Wasser leicht auf. Diese Lösungen werden durch Kaliumeisencyanür gefällt. Fibrin aus Venenblut ist in einer Salpeterlösung löslich; beim Erhitzen gerinnt diese Lösung wie Albumin. Fibrin aus Arterienblut ist darin unlöslich.

Kaustische Alkalien lösen das Fibrin auf und neutralisiren sich dadurch. Durch Säuren wird es daraus gefällt.

*Zusammensetzung:*

| | | des Albumins | | des Fibrins aus Blut. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 54,84 | — | 54,56 |
| Wasserstoff | — | 7,09 | — | 6,90 |
| Stickstoff | — | 15,83 | — | 15,72 |
| Sauerstoff | — | 21,23 | — | 22,13 |
| Phosphor | — | 0,33 | — | 0,33 |
| Schwefel | — | 0,68 | — | 0,36 |
| | | 100,00 | | 100,00. |

*Proteïn.* Werden Albumin oder Fibrin in einer mäfsig starken Lauge von kaustischem Kali aufgelöst und bis ungefähr +50° erwärmt, so entstehen aus dem Phosphor- und dem Schwefel-Gehalt derselben kleine Mengen von phosphorsaurem Kali und von Schwefelkalium, und sättigt man dann die Lösung mit Essigsäure, so schlägt sich ein gelatinöser Körper nieder, der aus Fibrin und Albumin vollkommen identisch ist. Er ist Proteïn $= C^{40} H^{31} N^{5} O^{12}$ (vergl. S. 41.).

Zieht man von der Zusammensetzung des Albumins und Fibrins den Schwefel- und Phosphor-Gehalt ab, so bleibt die Zusammensetzung des Proteïns. Albumin und Fibrin könnten also als Verbindungen von Proteïn mit ungleichen Mengen von Schwefel und Phosphor betrachtet werden, das Albumin als 10 Atome Proteïn mit 1 Atom Phosphor und 2 At. Schwefel, das Fibrin als 10 Atome Proteïn mit 1 At. Phosphor und 1 At. Schwefel.

Globulin, Pflanzenalbumin, Caseïn aus Milch, auf die-

Aehnlichkeit, von dem es aber doch bestimmt verschieden ist. Es ist noch nicht genau bekannt und aus dem Blute noch nicht isolirt dargestellt. Es hat einen löslichen und einen coagulirten Zustand. Das bei Abscheidung des Hämatins zurückbleibende schwefelsaure Globulin (siehe Hämatin) enthält auf 1 Atom Schwefelsäure 4 At. Proteïn.

Woraus die Kerne der Blutkörperchen bestehen, ist nicht sicher bekannt. Am ähnlichsten verhalten sie sich dem coagulirten Fibrin.

*Verhalten des Blutroths* oder der Blutkörperchen. Man erhält es durch Vermischen von geschlagenem Blut mit Glaubersalzlösung (s. Hämatin) oder durch Ausziehen des auf Löschpapier vom Serum befreiten Blutkuchens mit Wasser, worin es sich mit einer undurchsichtigen, braunrothen Farbe löst.

Es ist löslich in reinem Wasser, unlöslich in Serum. In Berührung mit der Luft, mit Salzen von alkalischer Basis, mit Zucker, wird es hochroth. Mit Schwefelwasserstoff wird es schwarzgrün. Die Auflösung kann bei +50° abgedampft werden, ohne dafs es seine Löslichkeit verliert. Aber bis zu +66° erhitzt, coagulirt es und scheidet sich unlöslich ab.

Die Coagulation erfolgt ferner durch Alkohol, durch Säuren, Alkalien und Metallsalze, unter Bildung von Verbindungen mit diesen Reagentien.

Das coagulirte Blutroth ist rothbraun, bröcklich, nach dem Trocknen schwarz, hart, im Bruch glasig. Zu den Säuren und Alkalien verhält es sich im Ganzen wie Albumin und Fibrin.

Zu Chlor verhält es sich wie das reine Hämatin. In der wässrigen sauren Flüssigkeit von dieser Zersetzung findet man dann Eisen, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kalkerde.

## Andere Bestandtheile des Blutes.

Da in dem Blute während seines Umlaufes im Körper, bei seinem Durchgange durch die Capillargefäfse und Secretions- und Excretions-Organe unaufhörlich Umsetzungen sei-

seiner Hauptbestandtheile stattfinden, und da ihm beständig in Form von Chylus und Lymphe, die sich in dasselbe ergiefsen, das bei der Verdauung aus der Nahrung vorbereitete oder erzeugte Material zur Bildung seiner Hauptbestandtheile neu zugeführt wird, so mufs es, aufser diesen letzteren, noch viele andere Materien enthalten, deren Auffindung und Erkennung aber bis jetzt nur sehr unvollkommen gelungen ist.

Auch sieht man bei der microscopischen Betrachtung des Blutes, aufser den eigentlichen Blutkörperchen, noch zweierlei andere Arten von Kügelchen, die farblos, viel kleiner und sparsamer vorhanden sind, als jene. Die einen sind Fetttröpfchen, die andern scheinen die Körperchen aus der Lymphe und dem Chylus zu sein. Und bei der chemischen Analyse des Blutes, so schwierig und unvollkommen sie auch noch ist, findet man aufser seinen Hauptbestandtheilen noch verschiedene andere Materien.

Man findet darin verschiedene Arten von Fett, jedoch in geringer Menge, theils als Tröpfchen suspendirt, theils in seifeartiger Verbindung in Auflösung. Aus allen coagulirten Proteïnkörpern läfst sich durch Aether und Alkohol Fett ausziehen; eben so aus dem ganzen coagulirten und eingetrockneten Blut, nachdem man es mit Wasser ausgezogen und wieder getrocknet hat.

Die Flüssigkeit, die nach der Coagulation des Blutes durch Erhitzen übrig bleibt, ist keinesweges blofses Wasser, sondern hinterläfst nach dem Verdunsten eine gelbe, extractförmige Masse, bestehend aus einem Gemenge von bis jetzt nicht näher gekannten organischen Materien und Salzen. Die letzteren sind hauptsächlich Chlornatrium und Salze von Natron und Kali mit fetten Säuren, Phosphorsäure und Schwefelsäure. In dem uncoagulirten Blute ist, aufser phosphorsaurer Kalkerde, Natron verbunden mit den Proteïnkörpern enthalten, daher auch das Blutserum schwach alkalisch reagirt. Als Ganzes analysirt, hat das Blut dieselbe Elementar-Zusammensetzung wie die organische ganze Muskelsubstanz, und enthält auch dieselbe Menge unorganischer Stoffe.

Nach approximativen Mittelzahlen soll das Menschenblut in 100 Gewichtstheilen 78 Wasser, 6 bis 7 Albumin, 0,2 bis 0,3 Fibrin, 13 Blutroth (mit etwa $\frac{1}{30}$ Hämatin) und 0,3 bis 0,6 Fett enthalten. Uebrigens hat man wesentliche Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Blutes bei Krankheiten und bei verschiedenen Thieren gefunden.

Die *Crusta inflammatoria* oder Speckhaut, die sich auf dem bei entzündlichen Krankheiten gelassenen Blut bildet, besteht aus Fibrin mit ungefähr $2\frac{1}{2}$ Proc. Fett. Aus derselben Fibrinmasse besteht auch der darunter befindliche rothe Cruor, nur enthält sie hier die Blutkörperchen eingeschlossen, die sich vor der Bildung der graulichen oder gelblichen Speckhaut gesenkt hatten.

*Das Athmen* Das dunklere venöse Blut, vermischt mit dem Chylus des Ductus thoracicus, wird durch die beiden grofsen Stämme des ganzen Venensystems, die Hohladern, in die rechte Herzkammer ergossen und aus dieser in die Lungen getrieben. Aus den letzteren kehrt es als hellrothes arterielles Blut in die linke Herzkammer zurück, von wo es durch den Hauptpulsaderstamm, die Aorta, wieder in den ganzen Körper zurückgeführt wird. Die Lungen bestehen aus einer innigen Verwebung von höchst feinen Venen- und Arterien-Netzen und Luftzellchen, welche letztere durch die Bronchien mit der Luftröhre communiciren. Durch die feinen, mit Wasser durchdrungenen Wände dieser Luftzellchen wird dem venösen Blut die eingeathmete Luft zugeführt, aus welcher dasselbe 4 bis 5 Procent von ihrem Volumen Sauerstoffgas absorbirt, indem dafür aus dem Blut ein fast gleich grofses Volumen Kohlensäuregas und etwas Stickgas ausgewechselt, und beim Ausathmen, nebst einer bedeutenden Menge von Wassergas, aus dem Körper entfernt wird. Diese Kohlensäure wird im Blute während seines Kreislaufs im ganzen Körper wahrscheinlich in den feinsten Capillarnetzen, wie es scheint, durch das in den Lungen aufgenommene und in den ganzen Körper verbreitete Sauerstoffgas gebildet, und in den letzteren nachher abgedunstet. Im Blute aus allen Theilen des Körpers findet man Kohlensäuregas und kleinere Mengen von Sauerstoff-

gas und Stickgas aufgelöst, im arteriellen aber mehr Sauerstoffgas als im venösen. Das venöse dagegen enthält relativ mehr Kohlensäuregas als das arterielle, und dieser Kohlensäuregehalt beträgt ungefähr $\frac{1}{5}$ vom Volumen des Blutes. Ein erwachsener Mann athmet in 24 Stunden ungefähr 240 Gramm Kohlenstoff in Form von Kohlensäure aus. Auf welcher chemischen Veränderung die in den Lungen vor sich gehende Farben-Veränderung des venösen Blutes eigentlich beruhe, ist nicht bekannt. Vielleicht dient das Hämatin der Blutkörperchen zur Bindung und Verbreitung des Sauerstoffs. Vielleicht enthalten die Venen-Blutkörperchen Hämatin in Verbindung mit kohlensaurem *Eisenoxydul*, welches sich durch Aufnahme von Sauerstoff in *Eisenoxyd*-Hämatin (arterielles Hämatin) verwandelt und dadurch die Kohlensäure fahren läfst.

## Die Lymphe.

Die Lymphe in den lymphatischen Gefäfsen ist eine klare, blafsgelbe Flüssigkeit, worin man vermittelst des Microscops farblose Kügelchen, ungefähr von der Gröfse der Kerne der Blutkörperchen, entdeckt. Aus den Gefäfsen herausgelassen, gerinnt sie sehr schnell zu einer klaren Gallert. Das Coagulum ist Fibrin, die davon sich abscheidende Flüssigkeit enthält Albumin und die Salze des Blutserums. Die Lymphe verhält sich also wie Blut ohne rothe Blutkörperchen.

## Das Nervensystem.

Die Halbkugeln des grofsen und kleinen Hirns bestehen aus zweierlei, durch ihren Bau, und ohne Zweifel auch durch ihre Zusammensetzung wesentlich von einander verschiedenen Massen, nämlich aus einer äufseren, grauen Schicht, der Substantia cinerea, und aus einer davon bedeckten weifsen, faserigen Masse, der Substantia medullaris.

Die graue Substanz ist sehr reich an Blutgefäfsen, arm an Hirnfasern; ihre Hauptmasse besteht aus eigenthümlichen microscopischen Kügelchen.

Die Marksubstanz ist ärmer an Blutgefäfsen und ist faserig. Unter dem Microscop betrachtet, besteht sie aus sehr zarten, durchsichtigen, aus einer dünnen Membran gebildeten Röhrchen, die eine halbflüssige, ölige, klare Masse, das Nervenmark, enthalten.

Eine ähnliche Structur haben das Rückenmark und die aus demselben und dem Hirn hervortretenden Nerven.

Bei der chemischen Analyse der ganzen Hirnmasse vom Menschen findet man darin als Hauptbestandtheile Wasser, Eiweifs und Fett. Letzteres ist hauptsächlich in der Marksubstanz enthalten. Wird die so viel wie möglich von Häuten und Gefäfsen, so wie von Wasser befreite Hirnmasse zuerst wiederholt mit Aether ausgezogen und dann mit Alkohol ausgekocht, so bleibt eine grauliche, wie geronnen aussehende Masse zurück, welche schwefelhaltiges Albumin ist.

Aether und Alkohol haben mehrere Fettarten aufgenommen. Das eine ist eine eigenthümliche, starke, bis jetzt nicht näher untersuchte fette Säure, zum Theil an Natron gebunden, und ausgezeichnet durch einen wesentlichen Gehalt an Phosphor und Stickstoff; das zweite scheint ein mit Phosphorsäure verbundenes Elaïn zu sein; das dritte ist *Cholesterin*, krystallisirbar in glänzenden Blättern, wie man es öfters auf den in Weingeist aufbewahrten Hirn- und Nervenpräparaten findet. (Siehe weiter Galle.) Aufserdem findet man kleine und veränderliche Mengen von Elaïn- und Margarinsäure.

Im Rückenmark und in den Nerven findet man dieselben Bestandtheile.

## Der Magensaft.

Der Magensaft, während der Verdauung von den kleinen Drüsen der Schleimhaut des Magens abgesondert, ist eine stark saure wäfsrige Flüssigkeit, sauer durch freie Chlorwasserstoffsäure. Er enthält sehr viel Kochsalz, geringe Mengen anderer Salze, und eine organische Materie von noch unbekannter Natur (Pepsin), welche, bei gleichzeitiger Ge-

genwart von Salzsäure, die Ursache der auflösenden Wirkung zu sein scheint, die der Magensaft auf an sich unlösliche Nahrungsstoffe, wie z. B. coagulirtes Fibrin und Albumin, ausübt. Wasser, durch Salzsäure schwach sauer gemacht und mit einem Stückchen Magenschleimhaut digerirt, erlangt die Fähigkeit, coagulirtes Albumin und Fibrin, Fleisch etc. aufzulösen (zu verdauen) und dabei ihre Eigenschaften zu verändern. Durch Siedhitze und Alkohol wird diese Wirkung vernichtet.

## Der Speichel.

Der von den 6 Speicheldrüsen abgesonderte und bei dem Kauen oder sonst bei einem Reiz durch die Ausführungsgänge jener Drüsen in die Mundhöhle ergossene, mit Schleim vermischte Speichel zeigt unter dem Microscop sehr kleine, klare Körperchen. Er hinterläſst nach dem Eintrocknen ungefähr 1 Procent fester Bestandtheile. Sie bestehen aus Schleim, mehreren Salzen und einem besonderen, noch nicht analysirten Stoff, dem *Speichelstoff*. Er ist in Wasser löslich, die Lösung wird nicht durch Kochen getrübt, nicht durch Säuren oder Metallsalze gefällt.

Der aus dem Speichel sich absetzende Weinstein der Zähne besteht aus Knochenerde, zusammengekittet durch die organischen Bestandtheile des Speichels. Die Speichelsteine der Pferde und Esel bestehen hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk mit nur wenig phosphorsaurem.

## Die Galle.

Die Galle wird in der Leber aus dem venösen Blute der Pfortader abgeschieden. Die Leber ist aus sehr kleinen, durch Zellgewebe dicht an einander gehefteten Drüsenkörnchen zusammengesetzt. Sie bestehen aus Agglomeraten der feinsten Anfänge der Gallengänge, welche die abgeschiedene Galle fortleiten, aus den feinsten Aestchen der Pfortader, aus deren Blut die Galle abgesondert wird, aus den feinsten Enden der Leberarterie, die zur Ernährung der Leber das Blut zuführt, und endlich aus feinen Venen, die das zur

Gallenbereitung verwendete Blut in die Lebervenen leiten, von wo aus es durch die Hohlvene und rechte Herzkammer in die Lungen zurückgeführt wird.

Die feinsten Gallengänge führen die abgeschiedene Galle in immer gröfser werdende Stämmchen, die sich zuletzt in einem einzigen Kanal, dem Ductus hepaticus, vereinigen. Dieser führt die Galle während der Verdauung in den Zwölffingerdarm, oder aufser dieser Zeit, durch einen besonderen Gang, in die Gallenblase, worin sie bis zur Verdauungszeit angesammelt bleibt.

Wird die zerschnittene Lebermasse mit Wasser extrahirt, so bekommt man eine beim Erhitzen coagulirende Lösung von Albumin, die aufserdem die anderen gewöhnlichen Bestandtheile thierischer Flüssigkeiten enthält.

***Die Galle*** ist ein schleimiges, gelblich-grünes, bitter schmeckendes und widrig riechendes Liquidum. Ihr wesentlichster und gröfster Bestandtheil, von dem Geschmack und chemisches Verhalten abhängen, ist ein eigenthümlicher Stoff, das ***Bilin.*** In geringerer Menge enthält sie das ***Cholepyrrhin***, das die Ursache ihrer Farbe ist; aufserdem Schleim, fette Säuren, verbunden mit Natron, und mehrere andere fette Körper, besonders Cholesterin; ferner unbestimmte thierische Materien, Kochsalz und die anderen gewöhnlichen Salze thierischer Flüssigkeiten. Die Ochsengalle enthält fast 93 Procent Wasser und etwas über 7 Proc. fester Bestandtheile. Die Trennung dieser Stoffe ist sehr schwierig, um so mehr, als der Hauptbestandtheil der Galle eine grofse Neigung hat, durch Einwirkung der zu seiner Abscheidung angewandten Reagentien sich in andere Producte zu verwandeln, so dafs man bei der Analyse zugleich stets gebildete Verwandlungsproducte erhält.

1. ***Bilin,*** wird auf eine der folgenden Arten isolirt: *a*) Frische Ochsengalle wird, zur Abscheidung des Schleimes, mit ein wenig Essigsäure vermischt, dann filtrirt und mit essigsaurem Bleioxyd gefällt. Der gelbe Niederschlag, bestehend aus Verbindungen von verändertem Cholepyrrhin, Elaïnsäure und Margarinsäure mit Bleioxyd, wird abfiltrirt und die Flüssigkeit dann mit basischem essigsaurem Blei-

oxyd ausgefällt. Der anfänglich weifse, nachher gelb und pflasterähnlich werdende Niederschlag enthält die Säuren der Galle, namentlich auch Fellinsäure verbunden mit einem Theil des Bilins. Das meiste Bilin bleibt aufgelöst. Durch Schwefelwasserstoff wird das überschüssig zugesetzte Blei gefällt und die nachher abfiltrirte Bilin-Lösung vorsichtig zur Trockne verdunstet. Das so dargestellte Bilin enthält essigsaures Natron und ist aufserdem schon etwas verändert durch die Wirkung der freien Essigsäure beim Abdampfen. In diesem Zustand wurde es sonst *Gallenzucker* oder *Picromel* genannt.

*b*) Ochsengalle wird im Wasserbade zur völligen Trockne verdunstet, gepulvert und mit wasserfreiem Aether digerirt, welcher alles nicht an Basen gebundene Fett auszieht. Die Masse wird dann in Alkohol gelöst, wobei Schleim, Kochsalz etc. ungelöst bleiben. Die filtrirte Lösung wird nach und nach mit Chlorbarium-Lösung vermischt, so lange noch ein dunkelgrüner Niederschlag entsteht. Er enthält verändertes Cholepyrrhin. Die davon abfiltrirte Lösung wird dann nach und nach mit Barytwasser versetzt, so lange noch ein Niederschlag entsteht. Der erste Zusatz bewirkt einen dunkelgrauen, schnell grün werdenden Niederschlag, später fällt er braungelb, zuletzt nur gelblich. Er enthält, aufser Cholepyrrhin, hauptsächlich eine rothgelb gefärbte, bis jetzt nicht näher untersuchte Substanz und Margarinsäure.

Die davon abfiltrirte Flüssigkeit, nachdem daraus die freie Baryterde durch Kohlensäure gefällt ist, wird zur Trockne verdunstet und die Masse wieder in wasserfreiem Alkohol aufgelöst, wobei Kochsalz und Chlorbarium ungelöst bleiben. Zu der Auflösung wird nach und nach Schwefelsäure, mit $\frac{1}{2}$ Wasser und dann mit Alkohol verdünnt, zugemischt, so lange noch schwefelsaure Salze von den in der Flüssigkeit enthaltenen Basen ausgeschieden werden. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit wird, zur Bindung der Schwefelsäure und fetten Säuren, mit frisch gefälltem kohlensaurem Bleioxyd vermischt und der meiste Alkohol abdestillirt. Die so concentrirte Lösung wird von dem Bleiniederschlag abfiltrirt, von aufgelöstem Blei durch Schwe-

felwasserstoff befreit, filtrirt und im Wasserbade zur Trockne verdunstet.

Die zurückbleibende gelbliche, klare, bitter schmeckende Masse (der ehemalige Gallenstoff) besteht aus Bilin und daraus gebildeter Fellinsäure.

Sie wird in Wasser gelöst und mit fein geriebenem Bleioxyd digerirt, wodurch sich ein pflasterförmiges Gemenge von fellinsaurem und cholinsaurem Bleioxyd bildet und das Bilin aufgelöst bleibt. Die abfiltrirte Lösung wird zur Trockne verdunstet, die Masse zur Abscheidung fremder Einmengung wieder in Alkohol gelöst, filtrirt und wieder zur Trockne verdunstet. Was zurückbleibt ist das Bilin.

Das Bilin ist eine klare, farblose, durchaus nicht krystallinische Masse, ohne Geruch, von bitterem, zugleich unbestimmt süfslichem Geschmack; wird beim Erhitzen unter Entwickelung ammoniakalischer Producte zerstört; in Wasser und Alkohol nach allen Verhältnissen löslich, unlöslich in Aether. Seine Lösung in Wasser wird nicht gefällt durch Säuren, Chlor, Metallsalze.

Die Zusammensetzung des Bilins ist aufserordentlich leicht veränderlich, schon während des Verweilens der Galle in der Gallenblase fängt es an, besonders unter dem Einflufs des Schleims, sich in die folgenden anderen Producte zu verwandeln, deren Bildung aufserhalb des Körpers noch rascher vor sich geht. Durch Kochen mit kaustischem Kali zerfällt es in Ammoniak und Cholsäure; durch Säuren wird es in 5 andere Körper umgewandelt, nämlich in Ammoniak, Taurin, Fellinsäure, Cholinsäure und Dyslysin.

Wird Bilin in verdünnter Salzsäure gelöst und digerirt, so scheidet sich ein gelber ölartiger Körper aus (eine Verbindung von Bilin mit Fellinsäure und Cholinsäure), der sich durch weitere Digestion in eine harzähnliche, in Wasser unlösliche Masse verwandelt. Die Flüssigkeit enthält dann Salmiak und Taurin. Die harzige Masse besteht aus Fellinsäure, Cholinsäure und Dyslysin. Durch kalten Alkohol werden die beiden ersteren ausgezogen.

*a*) Das ***Dyslysin*** bleibt als eine harzartige Masse zurück. In siedendem Alkohol löst es sich schwierig auf und setzt

sich daraus beim Erkalten und Abdampfen als eine weifse, erdige Masse ab. Ist bis jetzt nicht näher untersucht.

*b*) *Taurin.* Es krystallisirt in farblosen, regulären, 6seitigen Prismen, schmeckt nur schwach, ist ganz neutral, nicht ohne Zersetzung schmelzbar, in Wasser schwer löslich, in Alkohol unlöslich, wird nicht durch Salpetersäure zerstört, giebt mit den gewöhnlichen Reagentien keine Reactionen. Zusammensetzung $= C^4 H^7 N O^{10}$.

Man erhält es direct aus eingekochter Galle, wenn man sie, nach Ausfällung des Schleims durch Salzsäure, mit überschüssiger Salzsäure längere Zeit kocht, die gefällten harzartigen Säuren abscheidet und die Flüssigkeit durch Abdampfen concentrirt, mit Alkohol vermischt und stehen läfst, wobei das Taurin, gemengt mit Kochsalz, anschiefst. Durch Auflösen in siedendem Wasser und Umkrystallisiren wird es gereinigt.

*c*) *Cholsäure.* Sie krystallisirt in feinen Nadeln, die zusammengedrückt eine seidenglänzende Masse bilden; schmeckt zugleich süfs und bitter, schmilzt beim Erhitzen, brennt wie ein Fett; in Wasser sehr schwer, in Alkohol leicht löslich. Wird von Salpetersäure zerstört. Bildet mit den Alkalien süfs schmeckende Salze. Zusammensetzung unbekannt.

Man erhält die Cholsäure direct aus Galle, besonders alter, gefaulter, wenn man diese mit Bleiessig ausfällt, die abfiltrirte Bilinlösung dann so lange mit kaustischem Kali kocht, als sich noch Ammoniak entwickelt, und die Cholsäure dann durch Essigsäure fällt. Sie scheidet sich in grofsen, weifsen, bald krystallinisch werdenden Flocken aus.

*d*) *Fellinsäure,* ist nebst Bilin und Cholinsäure in der pflasterähnlichen Bleiverbindung von der Darstellung des Bilins, und in der letztgenannten Alkohollösung der harzigen Masse von der Verwandlung des Bilins durch Salzsäure enthalten. Zur Trennung von der Cholinsäure wird die Alkohollösung mit verdünntem Ammoniak gesättigt und durch Abdampfen concentrirt. Dabei setzt sich das cholinsaure Ammoniak als eine harte Masse ab, das fellinsaure Ammoniak bleibt aufgelöst. Durch Salzsäure wird daraus die Fellinsäure in weifsen Flocken gefällt.

Nach dem Auswaschen und Trocknen ist sie weifs, erdig, geruchlos, bitter schmeckend, bei +100° ohne Zersetzung schmelzbar. Mit Wasser gekocht schmilzt sie und löst sich in geringer Menge auf. In Alkohol leicht löslich, die Lösung schmeckt rein bitter wie Galle. Auch in Aether löslich. Mit den Alkalien bildet sie in Wasser und Alkohol lösliche Salze, unlöslich aber in überschüssigem Alkali, wodurch sie pflasterförmig ausgeschieden werden. Das Blei- und Barytsalz sind unlöslich, pflasterförmig. Mit Bilin scheint sie sich chemisch zu verbinden (Bilifellinsäure).

*e*) *Cholinsäure,* wird aus dem vorher erwähnten Ammoniaksalz durch Salzsäure in leichten weifsen Flocken abgeschieden, und backt unter dem Trocknen zu einer braunen, leicht pulverisirbaren Masse zusammen. Schon in warmem Wasser schmelzbar, darin ganz unlöslich. In Alkohol leicht löslich. Im Uebrigen noch wenig untersucht.

2. *Cholepyrrhin.* Es gelang noch nicht, es unverändert aus der Galle abzuscheiden, zuweilen aber bildet es eine gewisse Art der Gallensteine. Rothgelb, pulverförmig, geschmack- und geruchlos, in Wasser und Alkohol wenig löslich, leicht löslich in Alkalien mit gelber Farbe, die an der Luft in Grün übergeht, worauf es durch Säuren mit grüner Farbe gefällt wird. In diesem veränderten Zustand aus Ochsengalle dargestellt, scheint es mit dem Pflanzen-Chlorophyll identisch zu sein. Man erhält es aus dem Baryt-Niederschlag (s. Bilin) durch Digestion mit verdünnter Salzsäure, wodurch die Baryterde ausgezogen wird. Die zurückbleibende Masse wird zur Reinigung in Alkohol aufgelöst, nach dessen Verdunstung es zurückbleibt. Es ist eine glänzende, grünbraune, geschmack- und geruchlose Masse, unlöslich in Wasser, in Alkalien leicht löslich, durch Säuren daraus in grünen Flocken fällbar. In Salzsäure mit schön grüner, in Essigsäure mit rother Farbe löslich. Es enthält keinen Stickstoff.

Die aus Cholepyrrhin bestehenden Gallensteine werden mit grünlich-brauner Farbe von kaustischem Kali gelöst, welche Lösung, mit Salpetersäure übersättigt, zuerst grün, dann rasch nach einander blau, violett und roth, und

letzt gelb wird. Dieselbe Reaction zeigt Menschen- und unde-Galle.

Wird Galle, nach Ausfällung des Schleims durch eine äure, mit einem Ueberschufs der Säure (mit Ausnahme on Essigsäure) längere Zeit digerirt, so scheidet sich eine rüne, harzartige Masse ab, die ein nach der Dauer der igestion ungleich zusammengesetztes Gemenge von Bilin, ellinsäure und Cholinsäure ist und die fällende Säure cheisch gebunden enthält. Früher für einen einfachen Körer gehalten, wurde es Gallenstoff, Gallenharz, Choleinure, genannt.

3. *Cholesterin.* Aus eingetrockneter Galle wird es durch ether ausgezogen. Es macht ferner einen Bestandtheil des ehirns, der Nerven und des Eidotters aus. In der gröfsn Menge angesammelt ist es in den Gallensteinen enthaln, die oft allein daraus bestehen. Man löst solche Steine siedendem Alkohol auf und filtrirt; beim Erkalten kryallisirt das Cholesterin heraus.

Es krystallisirt in farblosen, perlmutterglänzenden Blätrn, ist geschmack- und geruchlos, schmilzt bei +137° nd erstarrt krystallinisch; ohne Luftzutritt stärker erhitzt, ıblimirt es sich grofsentheils unzersetzt in Blättern. In kalm Alkohol ist es nur schwer löslich. Von kaustischem Kali ird es nicht verändert. Zusammensetzung $= C^{37}H^{32}O$.

## Der Chylus.

Der Chylus, in den Milchgefäfsen der Därme und dem uctus thoracicus während der Dünndarm-Verdauung entalten, ist ein unklares, milchähnliches Liquidum, worin ıan unter dem Microscop zweierlei Arten von Kügelchen ntdeckt. Aus dem Gefäfs herausgenommen, coagulirt er ach kurzer Zeit. Das Coagulum röthet sich an der Luft, nd enthält als wesentlichen Bestandtheil Fibrin. Das daon abgeschiedene Serum enthält, aufser den gewöhnlichen nbestimmten Thierstoffen und Salzen, hauptsächlich Albuiin und Fett, welches letztere sich auf der Oberfläche abcheidet und ohne Zweifel die eine Art der Chyluskügelhen ausmacht.

## Die Excremente.

Normale Menschen-Excremente enthalten ungefähr 25 Procent fester Bestandtheile, das Uebrige ist Wasser. Ihre Bestandtheile befinden sich in einem Zustande von fortschreitender Veränderung (Fäulnifs) und sind nach verschiedener Nahrung verschieden; jedenfalls müssen sie stets alle diejenigen Substanzen aus der Nahrung enthalten, die ganz unverdaulich sind oder die nach dem Verdauungsprocefs extrahirt und nicht weiter auflösbar zurückbleiben. Es ist nicht bekannt, ob solche Substanzen, die chemisch ganz homogen sind und ganz verdaut werden, wie z. B. Albumin, Stärke etc., bei der Assimilation constante Zersetzungsproducte liefern, welche, als nicht weiter zu den Verrichtungen anwendbar, als Excremente ausgeleert werden. — Die Menschen-Excremente enthalten, aufser unverdaulichem extrahirtem Rückstand von den Speisen, Schleim, unbestimmte extractartige Materien, Fett, Salze und ganz besonders Bestandtheile der Galle, wovon die Farbe abhängt.

## Der Harn.

Der Harn wird von den Nieren aus arteriellem Blute abgesondert. Die Nieren bestehen aus einem eigenthümlichen, mit einem dichten Blutgefäfsnetz verwebten System von microscopischen Kanälchen, welche eine aufserordentlich grofse, den Harn absondernde Fläche bilden. Diese Kanälchen gehen nach dem Innern der Niere zu in pyramidale Bündel zusammen, an deren Spitze sie sich mit kleinen Mündungen in eigene Säcke, die Nierenkelche, öffnen. Diese gehen in einen gemeinschaftlichen gröfseren Schlauch, das Nierenbecken, welches sich in den Harnleiter (Urether) fortsetzt, der den Harn in die Blase leitet.

Zerschnittene Nierensubstanz zergeht beim Zerreiben in einem Mörser fast ganz zu einem Liquidum. Beim Durchseihen desselben bleibt eine verhältnifsmäfsig sehr kleine Menge fester Substanz zurück, bestehend aus dem Gewebe der feinen Blutgefäfse. Die abgeseihte, milchige und schlei-

ige Flüssigkeit gerinnt beim Erhitzen zu einer gelatinösen lasse, die hauptsächlich aus Albumin besteht.

Normaler Menschen-Harn ist sauer von freier Milchäure, schmeckt unangenehm salzig, bitter, hat im Mittel ,0125 spec. Gewicht, setzt stets eine Wolke von Blasenchleim ab, wird nach einiger Zeit faul, übelriechend und lkalisch von gebildetem kohlensaurem Ammoniak.

Der Harn enthält im gewöhnlichen Zustand zwischen und 8 Procent fester Bestandtheile, das Uebrige ist Waser. Dieses relative Verhältniſs ist aber auſserordentlich varirend, je nach der Menge von genossenem Getränk, nach ler Hautausdunstung, nach dem Gesundheitszustand.

Die dem Harn eigenthümlichen Bestandtheile sind der *Iarnstoff* und die *Harnsäure*, ersterer darin wahrscheinlich ı freiem Zustande, letztere in unbekannter Verbindung.

Wird Harn bis zur dünnen Honigconsistenz abgedampft nd längere Zeit verschlossen stehen gelassen, so schieſst larnstoff in Krystallen an. Wird er, so concentrirt, mit inem Ueberschuſs von Salpetersäure vermischt, so gerinnt r zu einem Magma von Krystallschuppen, die salpetersauer Harnstoff sind. Der Harn enthält zwischen 3 und 4 'rocent Harnstoff.

Wird frischer Harn mit einer Säure vermischt, so fällt ach einiger Zeit, bisweilen sogleich, die Harnsäure als ein räunliches oder röthliches Pulver nieder. Ihre Menge beägt ungefähr $\frac{1}{1000}$ vom Harn. (Siehe weiter unten.)

Der Harn enthält ferner noch mehrere organische Maerien von noch unbestimmter Natur, die bei der Analyse ls extractförmige Massen erhalten werden.

Er enthält gegen 2 Procent unorganischer Salze, nämch Salmiak, Kochsalz, schwefelsaures und phosphorsaures latron, schwefelsaures Kali, phosphorsaures Ammoniak, hosphorsaure Kalk- und Talkerde; auſserdem eine geringe lenge Kieselerde. Die letzteren Erdsalze werden daraus urch Ammoniak gefällt.

Der Harn kann auſserdem vielerlei fremde Substanzen nthalten, die in löslichem Zustand in den Körper gebracht nd und aus dem Blut durch die Nieren wieder ausgeleert

werden. Viele Salze, z. B. Salpeter, Cyaneisenkalium etc., gehen unverändert aus dem Magen in den Harn über; eben so organische Säuren, Weinsäure, Oxalsäure etc. Ihre Salze mit Alkalien dagegen werden bei der Verdauung zersetzt und man findet sie im Harn, der dadurch alkalisch wird, in kohlensaure Alkalien verwandelt. Ferner gehen über verschiedene organische Farbstoffe, flüchtige Oele etc., die dem Harn besondere Farbe und Geruch ertheilen.

Bei Krankheiten ändert sich die Beschaffenheit des Harns auf mannigfaltige Weise. Zuweilen wird er neutral oder sogar alkalisch, und ist dann stets trübe durch abgesetzte phosphorsaure Erdsalze. Oder er wird zu concentrirt und setzt beim Erkalten graue oder röthliche Sedimente von Harnsäure und harnsauren Salzen ab. Bei Fiebern ist dieses Sediment ziegelfarben oder rosenroth und besteht aus Harnsäure oder harnsauren Salzen, gefärbt durch eine sehr geringe Menge einer nicht näher gekannten rothen Materie. Ueberhaupt findet man bei Krankheiten öfters Substanzen im Harn, die er im gesunden Zustand nicht enthält. In der Wassersucht und einigen anderen Krankheiten enthält er Albumin, er wird dann durch Salpetersäure und durch Erhitzen getrübt. In der Gelbsucht enthält er Bestandtheile der Galle. Im Diabetes enthält er Traubenzucker, oft in sehr grofser Menge, und wird dabei in enormer Quantität ausgesondert. Er läfst sich dann in Gährung versetzen und liefert nachher bei der Destillation Alkohol.

Bei gewissen krankhaften Zuständen im Körper setzen sich schwerlösliche Bestandtheile des Harns schon in den Harnwegen ab und bilden Concretionen (Gries und Harnsteine), oft von sehr bedeutender Gröfse und Härte und sehr verschiedener Zusammensetzung. Die meisten bestehen aus *Harnsäure* mit harnsaurem Ammoniak, andere sind Gemenge von *phosphorsaurem Kalk* mit *phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde*, andere bestehen aus *oxalsaurer Kalkerde*, manche sind aus abwechselnden Schichten von allen diesen Substanzen gebildet. Am seltensten sind die Steine aus *Cystin* und aus *Xanthin*. (Siehe unten.)

*Der Harn der Thiere* ist von sehr verschiedener Be-

schaffenheit. Bei den höheren Thierklassen enthält er stets Harnstoff als Haupt-Bestandtheil, bei den niederen Thierklassen ist die Harnsäure vorherrschend. Der Harn des Löwen und Tiegers ist so reich an Harnstoff, daſs oft ohne vorhergehende Abdampfung nach Zusatz von Salpetersäure die salpetersaure Verbindung in Blättern herauskrystallisirt. Der Harn der Vögel und Schlangen ist eine weiſse, breiige, nach dem Trocknen erdige Masse, die fast nur aus saurem harnsaurem Ammoniak besteht. Der Harn der pflanzenfressenden Säugethiere, wie z. B. der Pferde- und Rindvieh-Harn, ist im Allgemeinen alkalisch, setzt ein Sediment von kohlensaurer Kalk- und Talkerde ab, enthält Harnstoff und eine eigenthümliche Säure, die *Hippursäure.* (S. unten.)

### 1. Harnstoff.

*Darstellung.* Harn wird bis zur dünnen Syrupconsistenz abgedampft, stark abgekühlt und mit ungefähr dem doppelten Volum farbloser, mäſsig concentrirter Salpetersäure vermischt, wobei er durch die Auskrystallisirung des salpetersauren Harnstoffs zu einer breiförmigen Masse erstarrt. Auf einem Filtrum läſst man das Flüssige von ihr ablaufen, wäscht sie ein- oder zweimal mit kaltem Wasser ab und preſst sie dann zwischen Löschpapier stark aus. Durch Auflösen in der kleinsten nöthigen Menge ganz verdünnter siedendheiſser Salpetersäure und Krystallisiren erhält man die Verbindung ziemlich farblos. Zur Abscheidung der Säure wird er mit ein wenig Wasser vermischt und durch kohlensauren Baryt zersetzt. Das aus salpetersaurem Baryt und Harnstoff-Lösung bestehende Gemisch wird vorsichtig abgedampft und aus der eingetrockneten Masse der Harnstoff durch Alkohol kalt ausgezogen. Aus der durch Abdestilliren concentrirten Lösung krystallisirt er beim Erkalten heraus.

*Eigenschaften.* Farblose, 4seitige Prismen, ohne Geruch, von kühlendem Geschmack; schmilzt bei + 120° ohne Zersetzung, erstarrt beim Erkalten krystallinisch. In Wasser sehr leicht löslich, unter starker Kälte-Erzeugung. Aus seiner Lösung wird er durch Salpetersäure und Oxalsäure

in glänzenden Krystallschuppen gefällt, was Verbindungen desselben mit jenen Säuren sind. Auch mit anderen Säuren geht er Verbindungen ein, und er verhält sich überhaupt wie eine organische Base.

*Zusammensetzung* $= C^2H^4N^2\dot{O}^2$.

| | Atome. | In 100 Th. |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | — 2 — | 19,919 |
| Wasserstoff | — 8 — | 6,618 |
| Stickstoff | — 4 — | 46,945 |
| Sauerstoff | — 2 — | 26,518. |

Er enthält dieselben Elemente in denselben Proportionen wie 1 At. cyansaures Ammoniumoxyd, $= \dot{N}H^4 + \dot{C}N$, ein Salz, welches sich auch wirklich mit gröſster Leichtigkeit, schon bei der Krystallisation oder beim Erwärmen, zu Harnstoff umsetzt.

Ueber seinen Schmelzpunkt erhitzt, zerfällt der Harnstoff in Ammoniak und Cyanursäure. Mit den Elementen von 2 At. Wasser bildet er kohlensaures Ammoniak, eine Verwandlung, welche er nicht in reinem Wasser, wohl aber im Harn bei dessen Fäulniſs erleidet. Durch starke Säuren und Alkalien wird er ebenfalls in Kohlensäure und Ammoniak verwandelt.

Der Harnstoff wird ferner bei der wechselseitigen Zersetzung von Cyan und Wasser, und auf mehrfache Weise aus Harnsäure und deren Zersetzungsproducten erzeugt. (Siehe Harnsäure).

## 2. Harnsäure.

*Vorkommen.* Auſser im Harn und den Harnsteinen, als harnsaures Natron in den Gelenk-Concretionen Gichtkranker.

*Darstellung.* Steine aus Harnsäure, oder am besten Schlangenexcrement, d. h. Harnsäure mit verschiedenen fremden Stoffen verbunden oder verunreinigt, werden in kaustischem Kali gelöst, die Auflösung filtrirt und siedend heiſs in einen Ueberschuſs von verdünnter heiſser Schwefelsäure gegossen. Die gefällte Harnsäure wird ausgewaschen und getrocknet. Ist sie nicht weiſs, so wird sie noch einmal aufgelöst und wieder gefällt.

*Ei-*

*Eigenschaften.* Leichtes weißes, aus feinen Krystallschuppen bestehendes Pulver, ohne Geschmack und Geruch, in Wasser in höchst geringer Menge löslich, unlöslich in Alkohol und Aether. Ohne Zersetzung löslich in concentrirter Schwefelsäure, durch Wasser wieder fällbar. In Salpetersäure leicht löslich unter Zersetzung, beim Abdampfen eine purpurrothe Masse hinterlassend. Giebt bei der Destillation, unter anderen Producten, viel Cyanwasserstoffsäure, ein Sublimat, bestehend aus Harnstoff und Cyanursäure, und stickstoffhaltige Kohle.

*Zusammensetzung* $= C^5H^2\text{N}^2O^3$.

| | | Atome. | | In 100 Th. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 5 | — | 35,614 |
| Wasserstoff | — | 4 | — | 2,366 |
| Stickstoff | — | 4 | — | 33,564 |
| Sauerstoff | — | 3 | — | 28,456. |

Die Harnsäure ist eine nur sehr schwache Säure, die neutralen harnsauren Alkalien sind weiß, körnig krystallinisch, in Wasser sehr schwer löslich, aber leicht löslich in überschüssigem Kali. Kohlensäure fällt daraus saures Salz in Gestalt einer durchscheinenden Gallerte. In derselben Form scheidet sich das saure Ammoniaksalz aus, wenn das aufgelöste Kalisalz mit Salmiak vermischt wird. Nachher sinkt es zu einem weißen Pulver zusammen.

Aus der Harnsäure kann durch oxydirende Einwirkungen eine große Reihe von neuen Körpern hervorgebracht werden. Die merkwürdigsten sind folgende:

1. *Allantoïn*, $= C^8H^5\text{N}^4O^5 + \dot{H}$. Es kommt natürlich vor in der Allantoisflüssigkeit der Kühe, aus der es nach dem Concentriren durch Abdampfen herauskrystallisirt. Harnsäure, mit Wasser und Bleisuperoxyd erhitzt, verwandelt sich damit gerade auf in oxalsaures Bleioxyd, Harnstoff und Allantoïn. Ersteres scheidet sich unlöslich ab, die beiden letzteren lösen sich auf. Aus der siedend heiß filtrirten Lösung krystallisirt zuerst das Allantoïn, aus der Mutterlauge nachher der Harnstoff.

Das Allantoïn krystallisirt in kleinen, farblosen, rhomboëdrischen Prismen, ist geschmacklos, in Wasser sehr

schwer löslich. Beim Erhitzen wird es zerstört. In Kali aufgelöst und gekocht, verwandelt es sich, durch Aufnahme der Elemente von 6 At. Wasser, in Oxalsäure und Ammoniak. Mit Schwefelsäure erhitzt, giebt es schwefelsaures Ammoniak, Kohlensäure und Kohlenoxydgas.

2. *Alloxan*, $C^4H^2NO^5$. Entsteht durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Harnsäure, unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure und Ammoniak. Das Alloxan scheidet sich beim Eintragen der Harnsäure in die Salpetersäure sogleich als weifses, krystallinisches Pulver ab, welches, nach der völligen Befreiung von Säure, durch Umkrystallisiren aus Wasser gereinigt wird. Je nach der Temperatur der Auflösung während des Krystallisirens krystallisirt es mit oder ohne Wasser.

Das wasserhaltige Alloxan bildet sehr grofse, glänzende durchsichtige Krystalle von der Form des Schwerspaths, verwittert an der Luft und verliert 3 At. Wasser; das wasserfreie Alloxan bildet kleinere, härtere, nicht verwitternde Krystalle von der Form des Augits. Das Alloxan ist in Wasser leicht löslich, die Lösung ertheilt der Haut einen widrigen Geruch und färbt sie purpurroth, es schmeckt unangenehm säuerlich salzig, reagirt sauer, wird beim Erhitzen zerstört. Mit Bleisuperoxyd giebt es Harnstoff und kohlensaures Bleioxyd.

3. *Alloxansäure*, $\dot{H}+C^4HNO^4$. Bildet sich bei der Vereinigung des Alloxans mit den Alkalien. Wird Barytwasser in eine +60° warme Alloxanlösung getropft, so lange bis der jedesmal entstehende weifse Niederschlag sich wieder aufzulösen aufhört, so krystallisirt beim Erkalten alloxansaure Baryterde in kleinen, sehr schwer löslichen Krystallen heraus.

Die Alloxansäure bildet eine strahlig krystallinische, sehr leicht lösliche, sehr saure Masse, löst Zink unter Wasserstoff-Entwickelung auf, wird durch Schwefelwasserstoff nicht verändert, kann nicht wieder in Alloxan umgewandelt werden, obgleich sie im wasserhaltigen Zustand mit ihm gleiche procentische Zusammensetzung hat.

3. *Mesoxalsäure*, $\dot{H}+C^3O^4$. Wird die Auflösung des

alloxansauren Baryts bis zum Sieden erhitzt, so theilt sich die Säure in Harnstoff, der sich auflöst, und in Mesoxalsäure, die sich mit der Basis als weifses, unlösliches Salz abscheidet. Dieselbe Zersetzung findet statt, wenn in eine siedende Lösung von essigsaurem Bleioxyd eine Lösung von Alloxan getropft wird, wobei sich mesoxalsaures Bleioxyd als schweres weifses Pulver abscheidet.

Die Mesoxalsäure ist krystallisirbar, sehr sauer, leicht löslich. Mit Alkali gesättigt, giebt sie mit salpetersaurem Silber einen gelblichen Niederschlag, der bei gelindem Erhitzen der Flüssigkeit unter heftiger Kohlensäure-Entwikkelung zu metallischem Silber reducirt wird.

5. *Mykomelinsäure*, $C^8H^5N^4O^5$. Eine Auflösung von Alloxan in kaustischem Ammoniak gesteht nach kurzer Zeit zu einer gelben Gallerte, die das Ammoniaksalz jener Säure ist. Diese scheidet sich als eine gelbe, gallertartige Masse ab, wenn man die Auflösung von Alloxan in Ammoniak zum Sieden erhitzt und mit verdünnter Schwefelsäure fällt. Nach dem Trocknen ist die Mykomelinsäure eine gelbe, erdige, geschmacklose Masse.

6. *Parabansäure*, $\dot{H}+C^3NO^2$, bildet sich, wenn Harnsäure oder Alloxan in mäfsig concentrirter Salpetersäure aufgelöst und die Lösung bis zur Syrupsconsistenz abgedampft wird. Bisweilen erhält man sie statt des Alloxans bei der Bereitung dieses letzteren. Die Säure krystallisirt in farblosen, breiten, sehr dünnen Prismen, ist luftbeständig, schmeckt sehr sauer, ist leicht löslich. Mit salpetersaurem Silberoxyd bildet sie einen weifsen Niederschlag, $=\dot{A}g+C^3NO^2$.

7. *Oxalursäure*, $\dot{H}+C^6H^3N^2O^7$. Die löslichen Salze der Parabansäure scheinen nur momentan zu existiren. Die starken Basen veranlassen sogleich eine Assimilation der Elemente von Wasser, mit denen sich die Parabansäure in Oxalursäure umwandelt.

Löst man Parabansäure in kaustischem Ammoniak und erwärmt, so gesteht die Auflösung zu einer weifsen Masse von feinen, seidenglänzenden Krystallnadeln. Dies ist oxalursaures Ammoniak. Es ist in Wasser sehr schwer löslich.

Wird seine Lösung in heifsem Wasser mit einer Säure vermischt, so scheidet sich die Oxalursäure als ein weifses krystallinisches Pulver ab. Sie ist sehr schwer löslich, schmeckt und reagirt aber sauer. Ihr Silbersalz, $= \dot{A}g + C^6 H^3 N^2 O^7$, durch wechselseitige Zersetzung aus dem Ammoniaksalz gebildet, scheidet sich in dicken, weifsen Flocken ab, löslich in heifsem Wasser, woraus es beim Erkalten in feinen seidenglänzenden Nadeln krystallisirt.

Wird eine Auflösung von Oxalursäure einige Zeit lange zum Sieden erhitzt, so verwandelt sie sich in oxalsaurem Harnstoff und in Oxalsäure. Auch enthält die krystallisirte Säure die Elemente von 2 At. Oxalsäure und 1 At. Harnstoff.

8. *Alloxantin*, $C^8 H^5 N^2 O^{10}$. Entsteht durch Einwirkung von sehr verdünnter Salpetersäure auf Harnsäure, oder von reducirenden Materien auf Alloxan; am sichersten erhält man es durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in eine Alloxanlösung, wobei es mit dem abgeschiedenen Schwefel niederfällt. Durch Auflösen in siedendem Wasser wird es davon getrennt.

Es krystallisirt in kleinen, farblosen, harten Prismen, wird in ammoniakalischer Luft rosen- und purpurroth, ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich. Die Lösung giebt mit Barytwasser einen schön veilchenblauen Niederschlag, der beim Erhitzen weifs wird, mit salpetersaurem Silber einen grauschwarzen Niederschlag von metallischem Silber. Von Salpetersäure wird es in Alloxan verwandelt.

Wird in eine siedend heifse Lösung von Alloxantin Schwefelwasserstoff geleitet, so bildet sich, unter Fällung von Schwefel, ein neuer Körper, wahrscheinlich $C^8 H^6 N^2 O^{10}$, der schon beim Abdampfen in andere Producte zerfällt. Sättigt man aber die Lösung mit kohlensaurem Ammoniak, so fällt eine weifse, pulverige Verbindung nieder, die beim Erwärmen blutroth wird, deren Lösung Silbersalze reducirt, Barytwasser weifs fällt, und die aus $C^8 H^7 N^3 O^8$ $(= C^8 H^5 N^2 O^8 + N H^2\ ?)$ besteht.

Alloxantin, kalt in Ammoniak gelöst, verwandelt sich damit an der Luft, unter Sauerstoff-Absorption und Bildung von Wasser, in oxalursaures Ammoniak.

9. *Thionursäure,* $C^8H^5N^3O^8 + 2\dot{H}\ddot{S}$ oder $C^8H^5N^3O^6 + 2H\dddot{S}$. Wird eine Auflösung von Alloxan kalt mit schwefliger Säure und nachher mit Ammoniak gesättigt und zum Sieden erhitzt, so setzt sie beim Erkalten ein in dünnen, perlmutterglänzenden Schuppen krystallisirtes, schwer lösliches Salz, thionursaures Ammoniak ab. Die daraus abgeschiedene Säure ist eine weifse, krystallinische, leicht lösliche, saure Masse. Sie enthält die Elemente von 1 At. Alloxan, 1 Doppelatom Ammoniak und 2 At. schwefliger Säure. Das Ammoniaksalz reducirt aus aufgelösten Silbersalzen metallisches Silber.

10. *Uramil,* $C^8H^5N^3O^6$. Eine Auflösung von Thionursäure bis zum Sieden erhitzt, zerlegt sich in Schwefelsäure und in Uramil, welches sich in feinen, seidenglänzenden Blättchen abscheidet und die ganze Flüssigkeit verdickt. Am einfachsten erhält man es durch Kochen einer Auflösung von thionursaurem Ammoniak mit Salzsäure. Es entsteht ferner, unter gleichzeitiger Bildung von Alloxan und freier Salzsäure, wenn eine mit Salmiak vermischte Auflösung von Alloxantin zum Sieden erhitzt wird.

Nach dem Trocknen ist das Uramil weifs, atlasglänzend, in kaltem Wasser unlöslich, löslich in Schwefelsäure und Kali; aus ersterer wird es durch Wasser, aus letzterem durch Säuren wieder gefällt. Von concentrirter Salpetersäure wird es, unter gleichzeitiger Bildung von Stickoxydgas und salpetersaurem Ammoniak, in Alloxan verwandelt.

11. *Uramilsäure,* $C^{16}H^{10}N^5O^{15}$?, entsteht durch längeres Erhitzen von Uramil mit verdünnter Schwefelsäure. Krystallisirt in farblosen, glänzenden Prismen, wird beim Trocknen rosenroth, in kaltem Wasser schwer löslich.

12. *Murexid,* $C^{12}H^6N^5O^8$. Dieser schöne Körper, dessen wahre Natur noch nicht hinreichend bekannt ist, entsteht aus den vorhergehenden Producten auf mannigfache Weise. Die am genauesten gekannten Bildungsarten sind: 1) Aus Uramil, durch Erhitzen desselben mit Quecksilberoxyd und Wasser, wobei eine tief purpurrothe Lösung entsteht, aus der das Murexid beim Erkalten auskrystallisirt. 2) Aus Uramil, durch Auflösen in heifsem Ammoniak und

Aussetzen an die Luft oder durch Zusatz von Alloxan. 3) Aus Alloxantin, dessen siedend heiſs gesättigte Lösung mit überschüssigem Ammoniak und hernach mit Alloxan versetzt wird. 4) Aus Harnsäure; sie wird in verdünnter Salpetersäure aufgelöst, die Auflösung bis zum anfangenden Rothwerden abgedampft, dann noch heiſs mit Ammoniak gesättigt und mit ½ Volum heiſsem Waſser verdünnt. In allen diesen Fällen färben sich die Flüssigkeiten, sobald das Murexid gebildet wird, tief purpurroth.

Das Murexid krystallisirt in kleinen 4seitigen Prismen von einer ausgezeichnet schönen, metallisch glänzenden grünen Farbe, ganz ähnlich der der Goldkäfer. Sie sind mit rother Farbe durchscheinend und geben ein rothes Pulver. In kaltem Wasser ist es schwer löslich, jedoch mit einer tiefen und prachtvollen, purpurrothen Farbe.

13. *Murexan*, $C^6H^4N^2O^5$. Von kaustischem Kali wird das Murexid mit prächtig blauer Farbe gelöst, die beim Erwärmen, unter Ammoniak-Entwickelung, verschwindet. Säuren fällen dann aus der farblosen Lösung das Murexan in Gestalt eines aus gelblichen oder weiſsen, perlmutterglänzenden Blättchen bestehenden Niederschlags. Auch aus der siedendheiſs gesättigten Lösung des Murexids in Wasser wird durch Salzsäure Murexan gefällt, unter gleichzeitiger Bildung von Ammoniak, Alloxan, Alloxantin und Harnstoff.

Das Murexan ist ein dem Uramil sehr ähnliches, leichtes, lockeres, seidenglänzendes Pulver, das sich in ammoniakhaltiger Luft röthet; in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich, löslich in concentrirter Schwefelsäure und durch Wasser unverändert fällbar. In Ammoniak leicht löslich ohne Farbe; an der Luft färbt sich die Lösung, unter Sauerstoff-Absorption, tief purpurroth und bildet grüne Krystalle von Murexid. Bei Ueberschuſs von Ammoniak wird sie wieder farblos und giebt oxalursaures Ammoniak.

### 3. Xanthin.

*Vorkommen.* Bis jetzt nur in einigen wenigen, ganz daraus bestehenden Blasensteinen von Menschen.

*Eigenschaften.* Als Stein bräunlich fleischfarben. Im

gereinigten Zustand blafsgelbliche, unkrystallinische, in Wasser unlösliche Masse. Löslich in Ammoniak und kaustischem Kali, woraus es selbst durch Kohlensäure, nicht aber, wie die Harnsäure, durch Salmiak gefällt wird. Ohne Gasentwickelung löslich in Salpetersäure, die nach dem Verdunsten nicht eine rothe, sondern eine citrongelbe Masse hinterläfst.

*Zusammensetzung* $= C^5 H^2 N^2 O^3$ (harnige Säure).

### 4. Cystin.

*Vorkommen.* Bis jetzt nur in selten vorkommenden, menschlichen Blasensteinen, die ganz daraus bestehen.

*Eigenschaften.* Als Stein schmutzig gelblich, durchscheinend, krystallinisch. In reinem Zustande farblos, in durchsichtigen Blättern krystallisirbar, unlöslich in Wasser. Löslich in Säuren und in Alkalien. Die Lösung in Kali, heifs mit Essigsäure gesättigt, setzt es beim Erkalten in Krystallblättern ab. Beim Erhitzen wird es zerstört unter Entwickelung eines ganz eigenthümlichen Geruchs.

*Zusammensetzung* $= C^6 H^6 N S^2 O^4$. Der Schwefelgehalt beträgt $25\frac{1}{2}$ Procent.

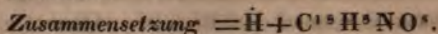
### 5. Hippursäure.

*Vorkommen.* Zuweilen im diabetischen, nicht im gesunden Menschenharn, in letzterem aber nach dem Genusse von Benzoësäure; dagegen constanter Bestandtheil des normalen Harns pflanzenfressender Thiere.

*Darstellung.* Frischer Pferde- oder Rindvieh-Harn wird unter der Siedhitze bis zu ungefähr $\frac{1}{8}$ abgedampft und mit Salzsäure vermischt, wodurch die Hippursäure als schmutziger, krystallinischer Niederschlag gefällt wird. Sie wird zur Reinigung in verdünntem Kali gelöst, zum Sieden erhitzt, bis zur Zerstörung des Harngeruchs und der Farbe unterchlorigsaures Kali zugetropft, filtrirt und mit Salzsäure gesättigt. Beim Erkalten krystallisirt die Hippursäure heraus.

*Eigenschaften.* Lange, dünne, weifse, 4seitige Prismen, von schwachem Geschmack, in 400 Th. kalten Wassers löslich, ohne Zersetzung schmelzbar. Ueber den Schmelzpunkt hinaus erhitzt, zerfällt sie in Benzoësäure, Blausäure und andere noch nicht untersuchte Produkte. Von Salpe-

tersäure wird sie leicht in Benzoësäure verwandelt. Mit Bleisuperoxyd und Wasser erhitzt, bildet sie Kohlensäure und Benzamid.



*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^{18} H^{8} N O^{5}$.

## Die Haut und deren Absonderung.

Die allgemeine Bedeckung des Körpers besteht aus der Oberhaut, Epidermis, und der Lederhaut, Corium.

Die *Epidermis* ist ein hornartiges Lager ohne Blutgefäſse. Sie besteht aus microscopischen, dicht an einander gefügten, platten Zellen. Unter derselben, auf dem Corium liegt eine schleimartige Schicht (Rete Malpighi), ohne Zweifel noch nicht erhärtete Epidermismasse.

Das *Corium* ist eine feste, elastische, mit Blutgefäſsen versehene Haut, aus sehr festen Zellgewebefasern zusammengewebt. Unter derselben liegt das Unterhaut-Fettzellgewebe, welches die zweierlei Arten von kleinen Hautdrüschen enthält, wovon die einen den wäſsrigen Schweiſs, die anderen die fettige Hautschmiere absondern. Die Ausführungsgänge der ersteren öffnen sich in den Poren der Epidermis. — Durch die ganze Haut dunstet auſserdem, nach rein physikalischen Gesetzen, eine Menge Wasser mit etwas Kohlensäure in Gasform ab.

Das Corium wird durch langes Kochen mit Wasser in Leim verwandelt und löst sich auf (siehe unten leimgebende Gewebe). Beim Erkalten erstarrt diese Auflösung zu Gallert. Schneller wird diese Umwandlung durch Säuren bewirkt. — In eine Auflösung von basischem schwefelsaurem Eisenoxyd oder von Quecksilberchlorid gelegt, vereinigt sich die Haut mit diesen Salzen und fault dann nicht mehr. Am ausgezeichnetsten ist ihre Affinität zur Gerbsäure, welche sie aus jeder gerbsäurehaltigen Pflanzeninfusion aufnimmt und womit sie eine in Wasser unlösliche, nicht mehr faulende Verbindung eingeht. Hierauf beruht das Gerben oder die Umwandlung der Häute in Leder.

Die *Epidermis*, die *Nägel*, *Krallen*, *Klauen*, *Hufe*, *Hörner*, *Fischbein*, *Wolle*, *Federn*, *Schuppen*, *Schildpatt*

ıd ähnliche Haut-Fortsetzungen und Bedeckungen schei-ın der Hauptmasse nach von einerlei Substanz gebildet ıd nur durch die Form verschieden zu sein. Ihre Zusam-ensetzung nähert sich der Formel $C^{48}H^{39}N^{7}O^{17}$. Alle ıe Materien sind in kaustischem Kali löslich, entwickeln ıbei Ammoniak und verwandeln sich in Proteïn; sie wer-en von Salpetersäure gelb und zerstört, und liefern bei er trocknen Destillation eine grofse Menge stickstoffhalti-er Producte. Sie scheinen alle, ähnlich den Proteïnkör-ern, Schwefel in organischer Verbindung zu enthalten.

Die *Menschenhaare* enthalten einen den leimgebenden Ge-reben ähnlichen Bindestoff, wahrscheinlich $=C^{13}H^{10}N^{3}O^{5}$, nd eine Schwefelverbindung des Proteïns mit 5 Proc. Schwe-el, $=C^{40}H^{30}N^{10}O^{12}+S^{2}$. Dieser grofse Schwefelgehalt ıt die Ursache, warum helle Haare durch Metallsalze schwarz efärbt werden. Aufser etwas phosphorsaurem Kalk und leinen Mengen anderer Salze enthalten die Haare 0,4 Proc. isenoxyd. Die verschiedene Farbe des Haars scheint einen ıechanischen, nicht einen chemischen Grund zu haben.

Die fettige *Hautschmiere* vom Menschen enthält ein iquides und ein festes Fett. Sie ist sauer von beigemeng-er Milchsäure und enthält aufserdem Salze von der wäss-igen Ausdunstungsmaterie. Bei den Schaafen besteht sie aus ıehreren Fettarten und einer seifeartigen Verbindung von Kali und Kalkerde mit einer fetten Säure.

Der *Schweifs* ist sauer und enthält freie Essigsäure (?) ınd Kohlensäure. Er enthält nur $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Proc. fester Be-tandtheile, bestehend aus unbestimmter thierischer Materie, Salmiak, milchsaurem Ammoniak, Kochsalz und den ge-vöhnlichen anderen Salzen.

Die *Vernix caseosa* des Fötus ist ein inniges Gemenge on Albumin und Cholesterin (?).

## Die Muskeln.

Die feinsten erkennbaren Theilchen der Muskeln sind ıicroscopische röthliche Fäden, welche bündelförmig ver-inigt sind. Die feinsten Muskelbündel sind von Zellge-

webescheiden eingehüllt und werden durch Zellgewebe zu gröfseren Bündeln vereinigt. Eine grofse Menge solcher gröfserer Bündel, von einer gemeinschaftlichen Zellgewebescheide zusammengefafst, macht einen einzelnen Muskel aus. In den Zellgewebescheiden verläuft ein Netz von feinen Blutgefäfsen und Nerven.

Die eigentlichen Muskelfasern oder Fäden bestehen aus Fibrin. Aber aus der Structur der Muskeln geht hervor, dafs man bei ihrer chemischen Untersuchung, aufser dem Fibrin, noch mehrere andere Substanzen, zum Theil von noch unbestimmter Natur, darin finden müsse.

Nach dem völligen Eintrocknen hinterläfst das Fleisch ungefähr nur 23 Procent fester Masse, die übrigen 77 Procent sind also Wasser. Von der festen Masse sind gegen 6 Procent in Wasser löslich. Denn zerhacktes Fleisch hinterläfst nach dem Extrahiren mit Wasser und Trocknen nur 17 Procent.

Diese extrahirte Fleischsubstanz ist weifs, geruch- und geschmacklos, wird nach dem Trocknen gelblich grau und pulverisirbar. Alkohol und Aether ziehen Fett aus, durch Kochen mit Wasser wird sie härter und es löst sich daraus das Zellgewebe zu gelatinirendem Leim auf, zugleich mit einer aus dem Fibrin gebildeten, löslichen, noch nicht näher untersuchten Substanz.

Mit Essigsäure digerirt, quillt das farblose, ungekochte Fleisch zu einer in Wasser löslichen Gallerte auf. Es ist ferner löslich in verdünntem kaustischem Kali, woraus Säuren das Fibrin partiell fällen.

Die aus frischem Fleisch ausgeprefste rothe Flüssigkeit reagirt sauer von freier Milchsäure und coagulirt beim Erhitzen. Das Coagulum ist Albumin, gefärbt durch Hämatin, welches erst zuletzt coagulirt.

Die von dem Albumin abfiltrirte Flüssigkeit ist fast farblos. Nach dem Verdunsten hinterläfst sie ein gelbbraunes saures Extract (Fleischextract), wovon ein Theil in Alkohol löslich, ein anderer darin nicht löslich ist. Es ist ein Gemenge von Salzen mit mehreren organischen Substanzen, deren eigentliche Natur bis jetzt nicht hinlänglich

untersucht ist, und die auch aus anderen thierischen Flüssigkeiten, namentlich aus dem Harn, in dieser gemengten Extractform erhalten werden. Die Salze bestehen hauptsächlich aus milchsaurem und phosphorsaurem Natron und Kali, Kochsalz und Knochenerde, letztere aufgelöst in der freien Milchsäure.

## Die Knochen.

Die Knochen sind von allen übrigen Organen durch ihren überwiegenden Gehalt an unorganischer Substanz, nämlich an phosphorsaurer Kalkerde (Knochenerde), ausgezeichnet. Unter dem Microscop erscheinen sie als eine gleichmäfsige, structurlose, durchsichtige Masse, in welche kleine, mit gefäfsreichem Gewebe erfüllte Röhrchen, die *Markkanälchen*, und kleine, undurchsichtige Zellchen mit sehr feinen strahlig verlaufenden Kanälchen, die *Knochenzellchen*, eingelagert sind. In den letzteren scheint ein Theil der Knochenerde abgelagert zu sein.

Stellt man einen Knochen in sehr verdünnte Salzsäure, so wird die Knochenerde ausgezogen und es bleibt der organische Theil, der *Knorpel*, verwebt mit allen im Knochen enthaltenen feinen Gefäfsen und Membranen, biegsam, weich, durchscheinend und mit der Form des Knochens zurück. Beim Trocknen schrumpft er etwas ein, wird hart und zerbrechlich, bleibt aber durchscheinend. Durch Kochen mit Wasser löst er sich zu gelatinirendem Leim auf.

Wasser, welches höher als bis zu $+100°$, also unter höherem Druck erhitzt ist, zieht aus Knochen allen Knorpel, zu Leim aufgelöst, aus, mit Hinterlassung der reinen *Knochenerde*.

Werden Knochen bei Luftzutritt gebrannt, so werden die organischen Bestandtheile zerstört und es bleibt die Knochenerde ebenfalls weifs und mit der Form des Knochens zurück. Sie besteht aus phosphorsaurer Kalkerde, $=\dot{Ca}^8\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}^3$ (wahrscheinlich $\dot{Ca}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$ und $2\dot{Ca}^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$) gemengt mit kohlensaurer Kalkerde, in variirender Menge bei verschiedenen Thieren, und aus kleinen Mengen phosphorsaurer Talkerde und

Fluorcalcium. Die kohlensaure Kalkerde ist als solche in dem lebenden Knochen enthalten. Es ist wahrscheinlich, dafs die durchsichtige, structurlose Hauptmasse der Knochen eine chemische Verbindung von leimgebendem Gewebe mit dem phosphorsauren Kalk ist.

Den relativen Gehalt an Knorpel und Knochenerde, durch Calcination der Knochen bestimmt, findet man in den verschiedenen Knochen des Körpers, in verschiedenem Alter und in den Knochen der verschiedenen Thierklassen etwas abweichend. In dem Os parietale von einem Menschen z. B. sind $68\frac{1}{2}$, in dem Sternum dagegen $64\frac{1}{2}$, in der Tibia 66 Proc. Knochenerde gefunden worden. — Menschenknochen, vollkommen ausgetrocknet, enthalten über 11 Proc. kohlensaure Kalkerde, oder 3 mal mehr als Ochsenknochen.

Bei der krankhaften Knochen-Erweichung hat man die Knochenerde bis auf 14 Procent vermindert gefunden.

Die *Zähne* enthalten dieselben Bestandtheile wie die Knochen, aber weniger Knorpel. Der eigentliche Zahnknochen beim Menschen enthält über 64 Proc. phosphorsauren Kalk, über 6 Proc. kohlensaure Kalkerde mit Talkerde, und 28 Proc. Knorpel. Der *Schmelz* der Zähne dagegen, der aus aufrechtstehenden, dicht vereinigten, microscopischen Fasern oder Nadeln besteht, enthält keinen Knorpel; er enthält ungefähr 88 Proc. phosphorsauren Kalk (mit etwas Fluorcalcium) und 10 Procent kohlensaurer Kalkerde mit Talkerde.

Das Geweih des Hirschgeschlechts hat die Zusammensetzung der Knochen.

## Die leimgebenden Gewebe.

Die meisten der nicht proteïnhaltigen Gewebe erleiden durch Kochen mit Wasser eine Veränderung, sie lösen sich zu Leim auf, dessen Lösung beim Erkalten zu einer Gelée erstarrt. Hierzu gehören vorzüglich die *Knorpel* im Allgemeinen, die *Sehnen*, die *Bänder*, das *Zellgewebe*, die *serösen Häute*, das *Corium*.

Die fibrösen Knorpel der Nase, des Ohrs, der Luft-

röhre, der Gelenkenden der Knochen, ferner gewisse elastische Ligamente, die faserige Haut der Arterien erleiden diese Veränderung nur sehr langsam und erfordern dazu ein sehr langes Kochen. Aber durch Zusatz von Mineralsäuren werden auch sie leicht gelöst.

Der aus allen diesen, auch durch ihre Structur sehr verschiedenen Geweben entstehende Leim ist von zweierlei Art, gewöhnlicher *Leim* (Colla) und *Chondrin.*

## 1. Leim.

*Bildung.* Aus dem Knochenknorpel, dem Hirschhorn, den Fischknochen, der Haut (Corium), den Sehnen, serösen Häuten, der Hausenblase. Die von diesen Substanzen durch Kochen mit Wasser erhaltene Auflösung gesteht beim Erkalten zu einer steifen Gelée, welche nach dem Austrocknen den gewöhnlichen Tischlerleim ausmacht. Einen reinen Leim erhält man am leichtesten durch Kochen von geraspeltem Hirschhorn, von Hausenblase oder von einem reinen, von der Knochenerde befreiten Knochenknorpel mit Wasser und Filtriren der Lösung bei ungefähr +50°.

*Eigenschaften.* Farblos, durchsichtig, hart, geschmack- und geruchlos; erweicht beim Erhitzen und wird zerstört. In kaltem Wasser quillt er auf und wird dann beim Erwärmen klar aufgelöst. Die Lösung bildet beim Erkalten eine klare Gallerte, selbst wenn sie nur $\frac{1}{100}$ Leim enthält, was jedoch bei dem Leim aus verschiedenen Geweben variirt. In Alkohol und Aether ist er unlöslich. Beim Verbrennen hinterläfst er stets etwas Knochenerde.

Die Auflösung dieses Leims wird durch Alaun, neutrales schwefelsaures Eisenoxyd, neutrales und basisches essigsaures Bleioxyd *nicht* gefällt.

*Zusammensetzung:*

| | | | | Atome. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | — | 50,37 | — | 13 |
| Wasserstoff | — | 6,33 | — | 20 |
| Stickstoff | — | 19,95 | — | 4 |
| Sauerstoff | — | 25,35 | — | 5 |

Gerbsäure schlägt den Leim aus seiner Auflösung voll-

ständig nieder. Je nachdem die Leimlösung in einen Ueberschufs von Gerbsäure gegossen oder umgekehrt verfahren wird, entsteht eine Verbindung von 1 At. Leim mit 2 At. Gerbsäure und 2 At. Wasser, oder eine Verbindung von 3 At. Leim mit 2 At. Gerbsäure und 4 At. Wasser. Der anfänglich weifse, flockige Niederschlag geht gewöhnlich zu einer dicken, zähen, klebenden Masse zusammen.

Chlorgas, in eine Leimlösung geleitet, fällt daraus eine weifse, häutige, zähe Masse, die im feuchten Zustand nach chloriger Säure riecht, nach vorsichtigem Trocknen in Wasser unlöslich und eine proportionirte Verbindung von unverändertem Leim mit chloriger Säure ist.

Essigsäure löst den Leim leicht auf; die Auflösung leimt zwar, gelatinirt aber nicht.

*Zersetzungen des Leims.* Durch langes Kochen, besonders bei einer Temperatur viel über + 100°, verliert seine Lösung die Eigenschaft zu gelatiniren. Beim Verdunsten trocknet sie dann zu einer gelblichen, gummiartigen Masse ein, die in kaltem Wasser leicht löslich ist. Die hierbei statt findende Veränderung scheint auf einer Assimilation der Elemente von Wasser zu beruhen.

Concentrirte Schwefelsäure löst den Leim farblos auf. Wird die Lösung mit Wasser verdünnt und lange gekocht, so erhält man daraus, nach dem Sättigen der Säure mit Kreide, Leimzucker.

Mit einer concentrirten Lösung von kaustischem Kali gekocht, entwickelt der Leim Ammoniak und verwandelt sich in *Leucin* (S. 142) und *Leimzucker*. Neutralisirt man die Lösung, wenn sich kein Ammoniak mehr entwickelt, genau mit Schwefelsäure, verdunstet zur Trockne und kocht die Masse mit Alkohol aus, so löst dieser das Leucin und den Leimzucker auf. Nach dem Abdestilliren des Alkohols bis zur Trockne wird aus dem Rückstand das leichter lösliche Leucin durch kalten Weingeist, nach und nach in kleinen Mengen angewandt, ausgezogen. Der Leimzucker, in einer gröfseren Menge siedenden Alkohols aufgelöst, krystallisirt beim freiwilligen Verdunsten.

Der *Leimzucker* (Glycicoll) krystallisirt in ziemlich

grofsen rhombischen Prismen, ist farblos, geruchlos und schmeckt sehr süfs. Bei +178° schmilzt er unter Zersetzung. In $4\frac{1}{2}$ Th. Wassers, in 900 Th. Weingeist löslich; in Aether unlöslich. Die Lösung wird durch kein Metallsalz, auch nicht durch Gerbsäure gefällt.

*Zusammensetzung* $= C^8H^7N^2O^5 + 2\dot{H}$.

Das Glycicoll löst sich ohne Zersetzung in warmer Salpetersäure und bildet damit eine in farblosen Prismen krystallisirende Verbindung, die aus $C^8H^7N^2O^5 + 2\ddot{N} + 4\dot{H}$ besteht und mit Basen Doppelsalze bildet, zusammengesetzt nach der Formel des krystallisirenden, nicht zerfliefslichen Kalksalzes, $= (\dot{C}a + C^8H^7N^2O^5) + 2\dot{C}a\ddot{N}$.

## 2. Chondrin.

*Bildung.* Aus den permanenten (nicht verknöchernden) Knorpeln, mit Ausnahme der Faserknorpel, also aus den Rippen-, Gelenkkopf-, Luftröhren-, Nasen-Knorpeln, aus dem elastischen Gewebe, z. B. der Arterien, aus der Cornea, aus dem Knochenknorpel vor der Ossification.

*Eigenschaften.* Die Lösung erstarrt beim Erkalten, wie die des gewöhnlichen Leims; im trocknen Zustand sieht es wie dieser aus. Aber seine Lösung wird nicht allein gefällt durch Gerbsäure, sondern auch durch Essigsäure, Alaun, essigsaures Bleioxyd und schwefelsaures Eisenoxyd, welche den anderen Leim nicht fällen. Der Niederschlag mit Alaun bildet grofse, dichte, weifse Flocken, löslich in überschüssigem Alaun und mehreren anderen Salzlösungen. Der Niederschlag vom Eisensalz enthält 87,59 Proc. Chondrin und 12,41 Proc. schwefelsaures Eisenoxyd. Das Chondrin hinterläfst beim Verbrennen über 4 Procent Knochenerde. Es scheint, ähnlich den Proteïnkörpern, eine kleine Menge Schwefel in organischer Verbindung zu enthalten.

*Zusammensetzung* $= C^{16}H^{13}N^2O^7$.

Der *Leim aus den Knochen der Knorpelfische* ist von den beiden anderen Leimarten dadurch verschieden, dafs seine Auflösung nicht gelatinirt; im Uebrigen verhält er sich wie Chondrin. — Aehnlich verhält sich die organische Sub-

stanz der Fischschuppen, die ungefähr 50 Proc. Knochenerde enthalten *).

## Das Fett.

Das Fett kommt im thierischen Körper auf mannigfache Weise vor, theils verseift in Auflösung, theils als Kügelchen in Flüssigkeiten suspendirt, theils frei in Geweben abgelagert oder in besonderen Fettzellen eingeschlossen; auf die letztere Art z. B. unter der Lederhaut.

Die thierischen Fettarten kommen hinsichtlich ihrer chemischen Verhältnisse mit denen des Pflanzenreichs überein, daher die wichtigeren bereits bei diesen angeführt sind. Gewisse fette Körper sind bis jetzt nur im Thierreich gefunden worden, wie z. B. das Butyrin, das Cetin, das Cholesterin; andere nur im Pflanzenreich, wie z. B. das Ricinöl; die meisten sind beiden gemeinschaftlich.

## Die Flüssigkeit der serösen Häute.

Die bei Wassersuchten angesammelte Flüssigkeit enthält Albumin in verschiedener Menge (zuweilen bis zu 7 Procent) und die Salze des Fleischextracts; sie ist aber alkalisch von Natron-Carbonat oder -Albuminat. Dieselben Bestandtheile enthält der Liquor Amnii und die Flüssigkeit in den Hydatiden. — Das Wasser von Wassersuchten enthält zuweilen Harnstoff und in feinen Blättchen suspendirtes Cholesterin. Durch Kochen oder durch Salpetersäure werden diese Flüssigkeiten mehr oder weniger unklar oder coagulirt.

Der

*) Die rohe *Seide* besteht aus ungefähr 53 Proc. Seidenfaser, 20 Leim, 24 Albumin und etwas Fett. Der Leim verhält sich wie gewöhnlicher Leim, gelatinirt aber nicht; die eigentliche Seidenfaser nähert sich in ihrem Verhalten der Epidermis-Substanz.

## Der Schleim.

In dem von den Schleimhäuten abgesonderten Schleim sieht man microscopische klare Körnchen und abgestofsene Zellchen oder Stückchen vom Oberhäutchen (Epithelium) der Schleimhäute.

Der Nasenschleim, im normalen Zustand, enthält gegen 93 Proc. Wasser, 5 Proc. Schleim, eine Spur Albumin und die gewöhnlichen Salze. Der Schleim ist in Wasser nicht löslich, quillt aber darin zu einem klaren, fadenziehenden Liquidum wie aufgelöst auf. Der trockne Schleim ist gelb. Mit concentrirter Essigsäure schrumpft er ein, ohne sich zu lösen. Von kaustischem Kali wird er zu einem dünnen Liquidum aufgelöst. Er enthält Stickstoff und scheint zu den Proteïnstoffen zu gehören. Aehnlich, jedoch nicht ganz gleich, verhält sich der Schleim der anderen Schleimhäute, wie z. B. der Gedärme, des Magens, der Harnblase.

Beim Schnupfen enthält die secernirte dünne Flüssigkeit keinen Schleim, sondern Albumin und viel Kochsalz. Das später abgesonderte dickere, eiterartige Liquidum enthält wieder Schleim und ein eigenes gelbes Fett.

## Das Auge.

Die *Sclerotica*, aus sehr dicht verwebten sehnigen Fasern gebildet, läfst sich, gleich dem Corium, durch langes Kochen mit Wasser zu Leim auflösen; sie enthält kein Fibrin.

Die *Cornea* gehört zu den Faserknorpeln und verhält sich eben so; aber Essigsäure, worin sie aufquillt, zieht auch eine kleine Menge Fibrin oder Albumin aus.

Das *schwarze Pigment*, in Gestalt microscopischer, brauner Körnchen in einem eigenen zelligen Gewebe auf der Choroïdea abgelagert, ist unlöslich in Wasser, Alkohol und verdünnten Säuren; löslich in Kali mit dunkelgelber Farbe und durch Säuren wieder fällbar. Seine Asche enthält Eisenoxyd. Ist vielleicht verändertes Hämatin.

Der *Humor vitreus* und der *H. aqueus* bestehen aus Wasser mit etwa $1\frac{1}{4}$ Proc. Kochsalz, etwas Albumin und unbestimmter thierischer Materie.

Die *Krystalllinse* besteht aus zwiebelartig über einander gelagerten Schichten oder Blättern, die aus dicht an einander gefügten klaren Fasern (wahrscheinlich Röhrchen), zusammengesetzt sind und eine sehr concentrirte Flüssigkeit enthalten. Sie enthält weder Blutgefäfse noch Nerven. Ihre Substanz verhält sich ganz wie das Globulin des Bluts; sie ist so zusammengesetzt, dafs sie als eine Verbindung von 15 At. Proteïn mit 1 At. Schwefel betrachtet werden kann. Mit Wasser zerrieben, löst sich der gröfste Theil der Masse der Krystalllinse auf. Beim Erhitzen coagulirt die Lösung, aber nicht zu einer zusammenhängenden, sondern zu einer körnigen Masse, die in Essigsäure leicht löslich ist. Diese Coagulation findet in der Krystalllinse statt, wenn diese in siedendes Wasser, in Alkohol, in Säuren gelegt wird.

## Das Cerumen.

Das von kleinen Drüschen im äufseren Gehörgang abgesonderte Ohrenschmalz enthält in emulsionsartiger Verbindung ein weiches Fett, Albumin, eine gelbe, sehr bittere und noch eine andere, eigene Substanz, und die gewöhnlichen extractartigen Materien und Salze. Durch Aether wird das Fett, durch Alkohol die bittere Substanz ausgezogen.

## Der Eiter.

Der Eiter, ein durch einen anomalen Absonderungsprocefs entstehendes Krankheitsproduct, ist ein gelbliches, undurchsichtiges, gleichförmiges Liquidum. Unter dem Microscop erscheint er als eine klare Flüssigkeit, die mit undurchsichtigen, runden, an der Oberfläche granulirten und im Innern mit Kernchen versehenen Körperchen erfüllt ist. In Wasser läfst er sich gleichförmig vertheilen; in der Ruhe setzen sich dann die Eiterkörperchen als ein gelblicher Bodensatz ab, während das überstehende Liquidum klar und farblos wird.

Der Eiter enthält ungefähr 86 Proc. Wasser und 14 Proc. fester Bestandtheile. Beim Erhitzen und durch Alkohol coagulirt er.

Bei der Analyse findet man im Eiter zweierlei albuminartige Körper, mehrere Fettarten, worunter Cholesterin, und die gewöhnlichen Salze und unbestimmten extractartigen Materien.

Die Eiterkörperchen bestehen aus einem albuminartigen, dem Globulin des Bluts sich sehr ähnlich verhaltenden Körper. Von Essigsäure werden sie aufgelöst, mit Zurücklassung der höchst kleinen Kerne.

Das Eiterserum enthält Albumin und mehrentheils noch eine andere, noch wenig gekannte Substanz (Pyin), deren Lösung in Wasser durch Alkohol, Gerbsäure, Essigsäure und besonders vollständig durch Alaun gefällt wird, nicht aber durch Kaliumeisencyanür. Die Niederschläge sind im überschüssigen Fällungsmittel unlöslich.

Vom *Schleim* unterscheidet sich der Eiter durch seine andere äufsere Beschaffenheit, durch die andere Form und geringere Gröfse seiner microscopischen Körperchen, durch sein anderes Verhalten zu Wasser, und dadurch, dafs er mit kaustischem Kali dick, schleimig, gallertartig wird und sich in Essigsäure vollkommen zu einer Emulsion vertheilt, während Schleim durch Alkali dünner wird und durch Essigsäure zu einer flockigen, häutigen Masse coagulirt.

## Die Milch.

Die characterisirenden Bestandtheile der Milch sind Fett, Caseïn und Milchzucker. Die beiden letzteren befinden sich in Auflösung, das Fett ist in Gestalt von Kügelchen darin suspendirt. Aufserdem enthält sie die gewöhnlichen extractartigen Materien und Salze der thierischen Flüssigkeiten, und darunter besonders phosphorsaure Erdsalze und etwas Eisenoxyd.

Unter dem Microscop erscheint die Milch als ein klares Liquidum, erfüllt mit unendlich vielen klaren Kügelchen, von ungleicher Gröfse, mehrentheils aber kleiner als die Blutkörperchen. Sie scheinen mit einer, vielleicht aus coagulirtem Caseïn bestehenden Hülle umgeben zu sein, welche das Fett einschliefst.

Die Quantität der festen Bestandtheile in der Milch variirt zwischen 10 und 13 Procent, das Uebrige ist Wasser. Das Fett beträgt durchschnittlich 3, der Milchzucker 4, das Caseïn 5, die Salze $\frac{1}{2}$ Procent. Je nach der Nahrung ist sie bald schwach sauer, bald schwach alkalisch, meistens das letztere.

Die Milch coagulirt nicht beim Erhitzen, wohl aber durch Säuren, durch freiwillige Säuerung und durch die Schleimhaut des Kälbermagens (Lab). Beim Abdampfen bildet sie auf der Oberfläche eine Haut von coagulirtem Caseïn.

Das Colostrum ist an festen Bestandtheilen reicher als die gewöhnliche Milch. Aufser den viel kleineren Milchkügelchen bemerkt man darin gröfsere warzige oder körnige Massen.

### 1. Butter.

Der in der Ruhe auf der Milch sich abscheidende Rahm wird von den Milchkügelchen gebildet, die sich als specifisch leichter grofsentheils an die Oberfläche erheben. Beim Buttern werden ihre Hüllen zerstört und ihr Inhalt klebt dann zu Fettklümpchen, zu Butter, zusammen. Die gelbe Farbe der Butter ist zufällig und rührt von gewissen Bestandtheilen aus der Nahrung her. In ranziger Butter sind Spuren von flüchtigen Buttersäuren frei geworden. Die Butter schmilzt bei ungefähr $+32^{\circ}$.

Die Butter besteht aus Margarin, Elaïn und Butyrin (vergl. S. 52), deren vollständige directe Trennung aber bis jetzt noch nicht gelungen ist. Wird die Butter längere Zeit bei einer Temperatur zwischen $+16^{\circ}$ und $19^{\circ}$ gehalten, so scheidet sich ein grofser Theil des Elaïns und Butyrins als ein liquides, abgiefsbares Oel ab. Warmer Alkohol löst aus demselben fast nur Butyrin auf, welches nach Zusatz von Wasser und Abdestilliren des Alkohols isolirt erhalten wird. Das Butter-Elaïn scheint von dem gewöhnlichen Elaïn verschieden zu sein; es liefert bei der Verseifung eine Elaïnsäure, die $= \dot{H} + C^{34}H^{30}O^{4}$ ist.

Da das Butyrin bei der Verseifung dreierlei flüchtige Säuren liefert (S. 52), so ist anzunehmen, dafs es ein ge-

eugtes Fett sei und aus Glycerin und jenen 3 fetten Säu-n bestehe.

## 2. Caseïn.

Wenn nicht die Hüllen der Milchkügelchen aus Caseïn a coagulirten Zustand bestehen, was noch ungewifs ist, befindet sich alles Caseïn in der Milch in Auflösung, ahrscheinlich gebunden an Natron. Ohne die Fettkügel-ien ist das Milchserum analog dem Blutserum.

*Darstellung.* Abgerahmte Milch wird mit verdünnter chwefelsäure vermischt, wodurch das Caseïn in Verbindung it der Säure unlöslich abgeschieden wird. Das weifse Coa-ilum wird abfiltrirt, gewaschen und noch nafs mit koh-nsaurem Bleioxyd digerirt, wodurch ihm die Schwefel-iure entzogen und das frei werdende Caseïn mit Bleioxyd erbunden im Wasser aufgelöst wird. Durch Kohlensäure-ler Schwefelwasserstoffgas wird das Blei gefällt. Oder an verdunstet die Milch zur Trockne, zieht aus dem ge-ilverten Rückstand alles Fett durch kochenden Aether aus, st ihn dann in Wasser und fällt das Caseïn, zur Trennung on den anderen Substanzen, durch Alkohol.

*Eigenschaften.* Sehr ähnlich denen des Albumins und ibrins, übrigens etwas variirend bei verschiedenen Thier-ten. Wie jene hat es zwei Zustände, einen uncoagulir-n und einen coagulirten. Wird seine etwas schleimige ösung in Wasser abgedampft, so überzieht sie sich mit ner weifsen, nach dem Abnehmen sich stets erneuernden aut von coagulirtem Caseïn. Trocken ist es gelblich, ımmiartig, geschmacklos, in Wasser nicht wieder voll-ändig löslich. Von Säuren wird es aus dieser Lösung ver-ınden mit der Säure gefällt. Auch von Essigsäure wird gefällt, was mit dem Albumin nicht geschieht. Diese iederschläge sind in einem Ueberschufs der Säure löslich. as Caseïn kann daraus wieder im löslichen Zustand abge-hieden werden. Im Uebrigen verhält es sich wie Albumin.

*Coagulirtes Caseïn.* Die Lösung des Caseïns coagulirt icht durch Erhitzen, wie die des Albumins. Erst beim Ab-ımpfen geht es, auf der Oberfläche sich als Haut abschei-

…tend, allmählig und nur theilweise in den unlöslichen Zustand über. Die eigentliche Coagulation desselben wird auf eine ganz eigenthümliche, bis jetzt nicht genügend erklärbare Weise bewirkt, nämlich durch Berührung mit der inneren Schleimhaut des Kälbermagens. Abgerahmte Milch, mit einem kleinen, ausgewaschenen Stückchen vom Kälbermagen (Lab) bis zu +30° bis 40° erwärmt, coagulirt so vollständig, daſs nur Spuren von Caseïn in den Molken aufgelöst bleiben. Das so gebildete, mit Fett vermengte Coagulum macht im getrockneten Zustande den *Käse* aus. Durch Aether läſst sich das Fett ausziehen.

Das coagulirte Caseïn ist in Wasser unlöslich oder nur sehr wenig löslich. In verdünnter warmer Essigsäure, so wie in Alkalien löst es sich leicht auf.

Eine Auflösung von Caseïn geht nach einiger Zeit in stinkende Fäulniſs über. Im Zustand von Käse erleidet es eigenthümliche Veränderungen; es bildet sich dabei unter anderen, nicht genau bekannten Producten eine dem Leucin ähnliche Substanz *).

Alles Caseïn hinterläſst nach dem Verbrennen eine bedeutende Menge phosphorsauren Kalk. Es enthält ferner Schwefel in organischer Verbindung, aber keinen Phosphor.

Das Caseïn gehört zu den Proteïnkörpern (S. 141). Es ist so zusammengesetzt, daſs es als eine Verbindung von 1 At. Schwefel mit 10 At. Proteïn betrachtet werden könnte.

### 3. Milchzucker.

*Darstellung.* Nachdem aus der Milch der Käse durch Lab abgeschieden ist, bleibt eine gelbliche Flüssigkeit, die *Molken*. Zur Syrupdicke abgedampft, schieſst daraus, nach längerer Ruhe an einem kühlen Ort, der Milchzucker an, der durch wiederholtes Umkrystallisiren gereinigt wird.

*Eigenschaften.* Farblose, durchscheinende 4seitige Pris-

---

*) Eine ganz ähnliche Veränderung, unter Bildung desselben Products, erleidet der feucht erhaltene Kleber aus Getreidemehl (S. 42). Die aus Käse gebildete Substanz ist Aposepedin genannt worden.

men von blättrigem Bruch; schmeckt nur schwach süfs, in Wasser langsam löslich und selbst aus der siedendheifs gesättigten Lösung nur langsam krystallisirend. In Alkohol wenig löslich. Beim Erhitzen schmilzt er unter Verlust von 12 Procent Wasser. Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird er in Traubenzucker verwandelt, mit Salpetersäure bildet er Oxalsäure, Zuckersäure und Schleimsäure. Mit Basen verbindet er sich.

*Zusammensetzung* $=\dot{H}+C^5H^4O^4$.

Seine Verwandlung in Milchsäure siehe bei dieser.

Der Milchzucker ist mit gewöhnlicher Hefe gährungsfähig und erzeugt Alkohol, jedoch treten die Gährungserscheinungen damit nur langsam ein und sind wenig lebhaft, wahrscheinlich weil er zuvor in Traubenzucker übergehen mufs. Hierauf beruht die Eigenschaft der Kuh- und besonders der Pferde-Milch, in Weingährung übergehen zu können und zur Bereitung von Branntwein geeignet zu werden. Das Caseïn scheint unter gewissen Umständen wie gewöhnliches Ferment zu wirken.

### 4. Milchsäure.

*Bildung.* Die Milchsäure ist die Ursache der sauren Beschaffenheit der sauren Milch. Sie entsteht bei der Säuerung der Milch aus dem Milchzucker unter dem Einflufs des Caseïns, das hierbei als Ferment wirkt. Neutralisirt man sauer gewordene Milch mit Natron-Bicarbonat und löst gepulverten Milchzucker darin auf, so wird sie von neuem sauer, indem auch der zugesetzte Zucker in Milchsäure verwandelt wird. Auf diese Weise können grofse Mengen von Milchzucker in Milchsäure verwandelt werden. Da letztere, in einer gewissen Menge entstanden, die Wirkung des Caseïns auf den Zucker hemmt, so mufs sie, in dem Maafse als sie entsteht, mit Alkali neutralisirt werden. Durch Erhitzung bis zum Sieden wird die Säure-Bildung unterbrochen.

Aehnlich wie das Caseïn wirken auch die anderen Proteïnstoffe, selbst thierische Membranen, nachdem sie im feuchten Zustande an der Luft sich zu verändern angefangen

haben. Wahrscheinlich steht mit dieser Wirkung die Coagulation der Milch durch Lab im Zusammenhang. Aber überall scheint diese Milchsäure-Bildung nur bei Gegenwart von Fetten einzutreten. Fettfreies Caseïn wirkt nicht auf den Milchzucker. Ein Gas wird dabei nicht entwickelt.

Auf gleiche Weise entsteht die Milchsäure auch aus Rohr- und besonders Traubenzucker, aus Dextrin und aus Stärke. Gekeimte Gerste, gestofsen und mit Wasser befeuchtet mehrere Tage lang bei 25° stehen gelassen, wird sauer von gebildeter Milchsäure. Bieressig, sauer gewordener Mehlkleister und Runkelrübensaft und besonders Sauerkraut enthalten freie Milchsäure.

Sie ist ferner ein Bestandtheil des Harns und wahrscheinlich aller Excretionsflüssigkeiten des Thierkörpers.

*Darstellung.* Aus sauer gewordener Milch, gebildet auf die angegebene Art durch zugesetzten Milchzucker und Neutralisiren mit Alkali, erhält man sie, wenn man das Caseïn durch Aufkochen der Milch coagulirt, diese filtrirt, zum Syrup verdunstet, das milchsaure Natron mit Alkohol auszieht und in dieser Lösung durch Schwefelsäure zersetzt.

Aus Sauerkraut erhält man sie, wenn man dasselbe mit Wasser zum Sieden erhitzt und die Masse bis zur Neutralisirung der Säure mit kohlensaurem Zinkoxyd vermischt wird. Die von der Masse abfiltrirte Flüssigkeit, zur Syrupdicke abgedampft, setzt krystallisirtes milchsaures Zinkoxyd ab, welches durch Auflösen, Behandeln mit Thierkohle und Umkrystallisiren farblos erhalten wird. Es wird in heifsem Wasser aufgelöst und das Zinkoxyd durch Schwefelwasserstoffgas abgeschieden.

*Eigenschaften.* Durch Abdampfen bis zum Maximum concentrirt, ist die Milchsäure ein dickes, farbloses, nicht krystallisirbares Liquidum von 1,215 spec. Gewicht, ohne Geruch, von stark saurem Geschmack. Mit Wasser und Alkohol mischbar. Löst phosphorsaure Kalkerde leicht auf, coagulirt beim Erwärmen die Milch.

*Zusammensetzung* $= \dot{H} + C^6 H^5 O^5$, ist also im wasserhaltigen Zustande isomerisch mit Traubenzucker, im wasserfreien mit Rohrzucker.

Bis zu einem gewissen Grade erhitzt, zersetzt sich die
asserhaltige Milchsäure. Aufser Wasser und mehreren se-
undären Producten erzeugt sich als Hauptproduct ein wei-
es Sublimat, welches $= C^6H^4O^4$ ist; also Milchsäure mi-
us den Elementen von 1 Atom Wasser. Dieser Körper
rystallisirt aus Alkohol in weifsen, rhomboïdalen Tafeln,
t geruchlos, schmeckt schwach sauer, schmilzt bei $+107^\circ$
nd sublimirt sich bei $+250^\circ$ unverändert. In Wasser ist
r sehr schwer löslich; bei dieser Auflösung verwandelt er
ich wieder in Milchsäure.

Die *milchsauren Salze* sind mehrentheils leicht löslich.
)as Zinksalz, $= \dot{Zn}\bar{L} + 3\dot{H}$, ist in kaltem Wasser schwer
öslich, in Alkohol unlöslich und krystallisirt von allen am
eichtesten.

## Das Ei.

Das gelegte Hühnerei besteht aus der Schale, dem Ei-
veifs und dem Eidotter.

Die *Eischale*, mit kleinen, Luft durchlassenden Poren
ersehen, ist auf der inneren Seite mit einer festen Mem-
ran ausgekleidet, bestehend aus zwei Blättern, die an dem
tumpfen Ende des Eies aus einander gehen und einen Luft-
aum zwischen sich lassen. Er enthält atmosphärische Luft.
)ie Schale besteht aus 97 Proc. kohlensaurem Kalk, 1 Kno-
henerde und 2 membranöser Substanz, die bei Auflösung
er Schale in Salzsäure ungelöst bleibt.

Das *Eiweifs* umgiebt den Dotter in 3 Lagen, von de-
en die äufserste die flüssigste ist. Es ist in dünne, durch-
ichtige Membranzellen eingeschlossen und enthält 12 bis
4 Proc. in Wasser gelöstes Albumin, aufserdem etwas Na-
ron und Kochsalz. Bei $+75^\circ$ wird es fest.

Der *Eidotter*, von einer dünnen Membran umschlossen,
rscheint unter dem Microscop als ein klares Liquidum,
velches mit kleinen gelblichen Kügelchen und Fetttröpf-
hen erfüllt ist. Diese Kügelchen sind Zellchen, welche
in gelbliches Oel enthalten.

Bei der Analyse des ganzen Eidotters findet man 54 Pro-

cent Wasser, 29 Oel und 17 Albumin. Letzteres ist in dem Wasser gelöst, in welchem die Dotterkügelchen suspendirt sind. Woraus ihre Hülle besteht, ist unbekannt.

Das Eieröl kann durch Aether oder, nach dem Hartkochen des Dotters, durch Pressen aus demselben erhalten werden. Es ist rothgelb und enthält, gleich dem Hirnfett, Phosphor in organischer Verbindung. Es besteht aus einem liquiden (eigenthümlichen?) Fett und Margarin, und enthält aufserdem Cholesterin.

Mit Wasser gekocht, verliert ein Ei zwischen 2 und 3 Proc. an Gewicht, und das Wasser enthält dann freies und an Säuren, namentlich Phosphorsäure, gebundenes Natron, ferner Kalk- und Talkerde, hauptsächlich aber kohlensaure Kalkerde.

Nach beendigtem Bebrüten, also nach der Entwickelung des Embryo, ist das Eiweifs fast ganz verschwunden, und das Gelbe, bedeutend vermindert und verändert und, vom Dottersack eingeschlossen, in das Abdomen des Küchleins eingenommen. Der Phosphorgehalt des Dotters scheint zur Bildung von Phosphorsäure, und diese, nebst Kalkerde aus der Schale, zur Bildung des Skeletts des jungen Thieres verwendet zu werden.

---

Gedruckt bei A. W. Schade.

# Dr. C. Steinberg's

# Supplement

zu

# Wöhler's Grundriss der Chemie.

---

**Berlin,**

Verlag von Duncker und Humblot.

1846.

# Die Dynamide,

## Electricität, Magnetismus, Licht, Wärme;

## Verwandtschaftslehre und Stöchiometrie,

---

### Compendium ...

zu

### Vorlesungen über allgemeine Chemie)

von

**Dr. C. Steinberg,**
Professor a. d. Univers. zu Halle.

---

**Berlin,**

Verlag von Duncker und Humblot.

**1846.**



# Inhalt.

---

Die

# Inponderabilien, Incoercibilien, Dynamide

in ihrer Beziehung zur Chemie.

## Electricität, Magnetismus, Licht, Wärme.

---

## Electricität.

§. 1. *Vorerinnerungen.* Zu den sehr mannigfachen Erregungsmitteln der Electricität gehören: Reibung, Berührung, Wärme, Magnetismus, auch der chemische Prozess, u. a. Einflüsse. In welcher Weise die Electricität auch thätig geworden ist, ihre mechanische, thermische, chemische Wirkung äussert sich, dem Wesen nach, in gleicher Weise. —

*Reibung* der Körper diente als erste Quelle, willkührlich *die* Kraft zu erzeugen, welche in der Natur ewig wirkt.

Gilbert vermehrte 1600 die kleine Anzahl der Körper, welche bis dahin als electrische bekannt waren; Wall beobachtete 1708 zuerst den electrischen Funken; die Leitungsfähigkeit der Electricität erkannte 1729 Gray, und Du Fay unterschied 1735 Glas- und Harzelectricität, welche Bezeichnungen 1747 Franklin in positive und negative Electricität änderte. Otto v. Guerike construirte die erste Electrisirmaschine; v.

Kleist und Musschenbroek erfanden 1745 die sogenannte Leidener Flasche, welche man bald zur Herstellung sehr kräftiger Batterien benutzte. Der Entdeckung des *Electrophors* durch Volta 1775, folgte 1782 die des *Condensators*.

Mit Hülfe der bis dahin gemachten Erfahrungen und der angeführten Instrumente, zu denen auch die schon in jener Zeit bekannten, jedoch bis heutigen Tags verbesserten *Electrometer* (Electroscope) gehören, suchten die Chemiker bis zum Beginn dieses Jahrhunderts die chemische Einwirkung der electrischen Kraft, und einen Zusammenhang zwischen dieser und der Affinitätskraft zu erforschen.

§. 2. *Galvanismus.* Bei dem Abschied von dem 18. Jahrhundert übergab die Physik durch die Volta'sche oder Galvani'sche Säule der Chemie einen Apparat, welcher in den Händen Davy's 1806 zu den glänzendsten Fortschritten des chemischen Wissens führte. Mit einer Entdeckung des Anatomen Galvani 1790 nämlich, beginnt durch den Scharfblick des Physikers Volta 1792 eine neue Epoche für die Electricitätslehre, und eine ausgedehnte Anwendung und streng wissenschaftliche Berücksichtigung der Electricität in der Chemie. Der Contact zweier Metalle unter gewissen weitern Einflüssen, war als eine mächtige Quelle für die electrische Kraft erkannt. Aus der zuerst sehr einfachen Combination zweier Metalle, entstanden die Säule, die Trog- und Becherapparate, Instrumente, die gegenwärtig eine hohe Stufe der Vollkommenheit erlangt haben. — Die von Volta benutzten Electromotoren: Kupfer und Zink, sind vertreten durch Zink und Blei (Spencer), Zink und Eisen (Roberts), Zink und Platin (Grove), Zink und Kohle (Bunsen). Hare's Calorimotor; Daniel's Zellenapparat, eine Modification der von Becquerel erfundenen constanten Kette, hat allgemeine

Anwendung gefunden. — Die Construction der trocknen Säule 1814 durch Zamboni (Zambonische Säule), anfangs bestimmt theoretische Ansichten zu unterstützen, fand Anwendung zur Verbesserung der Electrometer (der von Behrens erfundene, durch Bohnenberger, andererseits durch Becquerel verbesserte Electrophant).

§. 3. *Electromagnetismus und Magneto-Electricität.* Die ausserordentlich bedeutsame Entdeckung Oerstedt's 1820, mit Hülfe der Electricität magnetische Erscheinungen hervorzubringen, brachte bald die längst gehegte Vermuthung, dass Electricität und Magnetismus Zwillingskräfte seien, zur Gewissheit, denn auch umgekehrt, rief Faraday 1832 mittelst kräftiger Magnete die stärksten el ctrischen Wirkungen hervor. Die weitern Erfahrungen der Physik in dem Electromagnetismus, der Magneto- und Inductionselectricität, deren überraschende Fortschritte vorzugsweise durch die Entdeckung des *Multiplicators* von Schweigger möglich waren, sind nicht ohne Erfolg für die Chemie geblieben.

Das *magnetische Galvanometer*, dessen Anwendung sich auf electromagnetische Erscheinungen stützt, und bei welchem der Multiplicator Anwendung findet, ist zur Ermittelung höchst schwacher electrischer Strömungen zur Zeit unentbehrlich. — *Hachette's* Galvanometer; *Becquerels* electro-magnetische Wage. — Die magneto-electrischen Maschinen (Rotationsapparate), welche mit Hinzuziehung kräftiger Magnete und des Multiplicators angefertigt werden, benutzt man mit bestem Erfolg zu chemischen Wirkungen der Electricität. — Ettinghausen's, Saxton's, Clarke's, Keil's Apparat. —

§. 4. *Thermo- u. Krystall-Electricität.* Seebeck und v. Yelin entdeckten 1823, dass in zwei

Praxis gefördert haben. Davy's Protectoren oder Bewahrer; die Nobili'schen Farbenringe. Die *Galvanoplastik;* galvanische Vergoldung, Versilberung u. s. w. *Galvanographie.*

*Der chemische Process ist selbst eine Quelle für Electricität.* Lavoisier und Laplace hatten 1781 beim Auflösen der Metalle in Säuren mit Hülfe des Condensators das Freiwerden von Electricität nachgewiesen; Volta bemerkte 1782, dass beim Abdampfen einer Flüssigkeit das Gefäss die eine und der Dampf die entgegengesetzte Electricität anzeigt. Oerstedt (1800), Davy, Ampère, Berzelius, Becquerel, Pfaff u. v. A. wiesen später auf das Bestimmteste electrische Wirkungen bei den verschiedensten chemischen Prozessen nach, und Schweigger bereicherte nicht minder dieses Feld mit Thatsachen. — Temperaturänderung und Licht begleiten, für uns wahrnehmbar, viele chemische Prozesse *in Folge electrischer Erregung.* Wärme und Licht, welche uns bemerkbar werden im Augenblick, wenn reine Magnesia mit rauchender Schwefelsäure übergossen wird, entspringen derselben Quelle, aus welcher Wärme und Licht beim gewöhnlichen Verbrennungsact in der Atmosphäre entstehen. (S. electrochemische *Theorie.*)

§. 6. *Terminologie bei chemischen Zersetzungen durch Electricität.* Vorzugsweise dienen *Galvani*'sche Apparate zu chemischen Zersetzungen mittelst der Electricität. Zwei gute Leiter — *Polarleiter*, oder *Polardrähte, Faraday's Electroden* — führen die entgegengesetzten Electricitäten von den *Polen* des Apparats in die zur Zersetzung bestimmte Flüssigkeit — *Faraday's Electrolyt.* — Die Zersetzung selbst nennt *Faraday* die *Electrolysirung.* Der die positive Electricität zuführende Leiter ist *Faraday's Anode, Graham's Zinkode* oder *Zinkoid*, und den die negative Electrici-

tät führenden Leiter, nennt *Faraday Kathode*, *Graham* aber *Platinode* oder *Chloroid*. Die Zersetzungsproducte heissen bei *Faraday* die *Ionen*. — *Anionen* und *Kationen* — Es befinde sich z. B. Wasser als Electrolyt in der Zersetzungszelle; sobald die Electrolysirung beginnt, erscheint als Anion das Sauerstoffgas an der Anode (dem + Pol), als Kation aber Wasserstoffgas an der Kathode (dem — Pol); der electrochemischen Theorie gemäss, sagen wir, es sei Sauerstoff der electronegative und Wasserstoff der electropositive Bestandtheil des Wassers. — Von der chemischen Beschaffenheit der Electroden und Ionen hängt es ab, ob letztere isolirt auftreten, oder im Augenblick ihres Auftretens sich mit den Electroden vereinigen. — Die Electrolysirung geht bloss unmittelbar an den Electroden vor sich. *Faraday's* Volta-Electrometer oder Voltameter ist dazu bestimmt, die Quantität gasförmiger Zersetzungsprodukte zu erkennen. (Faraday's Entdeckung des electrolyt. Gesetzes s. Stöchiometrie.)

§. 7. *Nobili'sche Ringe.* Besteht die eine Electrode aus einer blanken Metallplatte (Silber, Platin), die andere aus einem feinen Platindraht, der in einer Entfernung von c. $^1/_2$ Linie jener gegenübersteht, so bildet sich häufig auf der Platte ein gefärbter Ring oder Punkt, welcher nicht selten mit concentrischen prachtvoll gefärbten Ringen umgeben ist, die den Newton'schen Farbenringen gleichen. Diese Farbenringe sind von Zersetzungsproducten abzuleiten. Für Platinplatten eignen sich als Electrolyte: Lösungen von Chlormangan in 8 Wasser, essigsaurem Manganoxydul in 15 W., bernsteinsaurem M. in 16 W., um nach Böttger diese Ringe in höchster Schönheit zu erzeugen.

§. 8. *Galvani'sche Ueberziehung eines Metalles mit einem andern.* — De la Rive, Ruolz, Böttger, Elsner. Dass durch regulinische Metalle andere Metalle

aus ihren Lösungen nach einer bestimmten Reihenfolge regulinisch gefällt werden, ist längst bekannt. — Zink und Eisen fällen die meisten eigentlichen Metalle; Kupfer fällt Quecksilber, letzteres schlägt aus einer Silberlösung das Silber nieder u. s. w. (Arbor Saturni und arbor Dianae der Alten; Cementkupfer). — Das gefällte Metall zeigt aber wenig Cohäsion und noch weniger Adhäsion. Erfolgt dieser Prozess unter Mitwirkung des electrischen Stroms, so tritt Cohäsion und Adhäsion ein. In neuerer Zeit ist diese Entdeckung zur technischen Anwendung gekommen. — Galvanischer Apparat hierzu.

a. *Vergoldung*. — Am besten eignen sich zur galvanischen Vergoldung Silber, Messing oder Kupfer. Die Zersetzungszelle enthält Cyangoldkalium; die Anode besteht aus einer Goldplatte, die Kathode aus dem zu vergoldenden Metall.

b. *Verplatinung*. — Silber, Messing, Kupfer. Als Electrolyt eine Lösung des Chlorplatinkalium in Kali, oder auch 1 Chlorplatin und 1 Kochsalz in 160 Wasser; Anode Platin.

c. *Versilberung*. Als Electrolyt eine Lösung von 1 Höllenstein, d. i. salpetersaures Silberoxyd, in 5—6 Ammoniakflüssigkeit. Nach Ruolz eignet sich am vorzüglichsten zum Versilbern von Gold, Platin, Kupfer, Bronze, Messing, Eisen, Zinn eine Lösung von Cyansilberkalium. Schon ohne Galvanismus.

d. *Verkupferung* mit einer Lösung von Cyankupferkalium.

e. *Verzinnung*. Kupfer, Messing auch Bronze lassen sich dauerhaft verzinnen, wenn sie in einer kochenden Lösung des Zinnoxyd in Kali liegen und in derselben mit Zinnspähnen in Berührung sind. Eisen und Zink verzinnen sich nur bei Mitwirkung des electrischen Stroms.

f. *Verzinkung* des Kupfers und Messings erfolgt, wenn diese Metalle in Berührung mit fein granulirtem Zink in einer kochenden gesättigten Salmiaklösung, oder in einer Lösung von Chlorzink liegen. Unter Mitwirkung der Electr. wird auch Eisen verzinkt.

Elsner hat neuerlichst sehr treffliche Vorschriften zur Anfertigung der geeignetsten Metalllösungen gegeben, welche zum Verkupfern u. s. w. technisch benutzt werden, und dabei die Anwendung von schwefligsaurem Natron zur Darstellung der Präparate empfohlen.

§. 9. *Galvanoplastik.* Wach 1830. Jacobi und Spencer 1840. Kobell, Osann, Böttger, Herz. v. Leuchtenberg, Elsner. Galvanische Fällung des Kupfers in cohärentem Zustande auf bestimmte Unterlagen (Modelle). — Das Modell muss, wenigstens da, wo es sich mit Kupfer bedecken soll, ein Leiter der Electricität sein; es liegt in der Zersetzungszelle, welche eine Lösung des Kupfervitriols enthält, mit der zu verkupfernden Seite nach oben und bildet das Ende der Kathode. Der Apparat bedarf keiner weitern Beschreibung.

Zur Anfertigung des Modells, wählt man Blei, minder Zinn; am besten ein Gemisch von 8 Wismuth, 8 Blei, 3 Zinn, welches bei 107,5° C. schmilzt. Will man auf die Originalplatte das Kupfer niederschlagen, so muss man sie mit Oel einreiben und wieder sorgfältig abreiben, und dieses mehrmals wiederholen. Um *nichtleitende* Modelle z. B. Formen von Holz, Gyps, Porzellan, Schwefel, Siegellack, Wachs, Talgsäure, leitend, und dadurch für die Aufnahme des Kupfers fähig zu machen, überzieht man dieselben möglichst zart mit Graphit, oder man befeuchtet poröse Gegenstände mit Goldlösung und bringt sie dann in schwefligsaures Gas. Böttger empfiehlt mit Silberlösung zu tränken, und

dann den Gegenstand über eine Schale zu halten, in welcher man einige Gran Phosphor mit Weingeist und etwas Kali erhitzt; das sich entwickelnde nichtselbstentzündliche Phosphorwasserstoffgas (?) reducirt augenblicklich Silber.

Es ist auch gelungen, galvanoplastische Abdrücke von, nach Daguerre erzeugten Lichtbildern zu erhalten. Die Platte mit dem Lichtbilde wird auf der Rückseite und an den Kanten mit Schellackfirniss überzogen, dann mittelst Salzsäure unter Mitwirkung des electrischen Stroms einige Secunden geätzt. Die Lichtbildplatte bildet die Anode, eine gleich grosse Platinplatte, welche der erstern nur etwa 3 Linien entfernt steht: die Kathode. Die so geätzte Platte eignet sich weniger zum unmittelbaren Druck, als zu galvanoplastischen Fällungen.

§. 10. *Thermische Wirkungen.* Mit Hülfe eines kräftigen galvanischen Apparats können die höchsten Temperaturen hervorgerufen werden. — Wird der electrische Strom durch einen Metalldraht geleitet, so erwärmt sich derselbe, wird glühend, und schmilzt, wenn er für die Kraft der Kette kurz und dünn genug ist. — Eisen- und Stahldraht wird weissglühend, schmilzt und verbrennt unter lebhaftem Funkensprühen; Platindraht wird lebhaft glühend und schmilzt; Gold- und Silberblättchen werden schnell verflüchtigt; Kohle kommt zum hellsten Glühen. — Blitzröhren (Fulgurite oder Blitzsinter), entstanden durch Einschlagen des Blitzes in Sand und Schmelzung des letztern. — Hare zeigte 1838 an, durch die Electricität 25 Unzen Platin in vollkommenen Fluss gebracht zu haben. —

§. 11. Von den gegenwärtig gebräuchlichsten *galvanischen* Batterien, welche §. 2. nur benannt sind, sollen folgende hier genauer erwähnt werden:

Bunsen's Batterie. Zellen aus Steinkohle und Koaks bereitet und mit einem Gemenge von Sand und Salpetersäure gefüllt, stehen in verdünnter Schwefelsäure, in welcher sich die Zinkcylinder befinden.

Grove's Batterie. Ein Porzellankasten ist durch Scheidewände in Zellen getheilt; jede Zelle enthält einen Kasten von porösem Irdenzeug, welcher mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und zur Aufnahme amalgamirter Zinkplatten bestimmt ist. Die Kästchen werden in den Zellen von concentrirter Salpetersäure umspült, und enthalten Platinplatten, welche an der einen Seite der Zelle hinab, und an der andern wieder hinauf steigen. Platin und Zinkplatten sind in geeigneter Weise durch Schrauben verbunden. — Die Form des Apparats kann natürlich vielfach geändert werden.

Wöhler bildet aus einem Stück blanken Eisenblech 2 oben und unten offene Cylinder, einen weitern und einen engern, durch einen Bügel verbunden. Von solchen Gliedern wird der weitere Cylinder in einen Becher gebracht, welcher verdünnte Schwefelsäure enthält; in diese taucht ein irdener Cylinder mit concentrirter Salpetersäure gefüllt, bestimmt zur Aufnahme des engern Cylinders des folgenden Gliedes. Das Eisen in der Schwefelsäure wirkt wie Zink, das in der Salpetersäure wie Platin. — *Actives* und *passives* Eisen.

Daniel's constante Batterie. Eine im Wasser eingeweichte Thierblase (besser der Blinddarm eines Rindes, oder eine unten verschlossene Ochsengurgel) hält verdünnte Schwefelsäure mit einem amalgamirten Zinkcylinder, und befindet sich senkrecht in einem cylindrischen Kupfergefäss, welches mit einer saturirten Lösung von Kupfervitriol angefüllt ist. Mehrere solcher einfachen Ketten werden vereinigt — das Kupfergefäss der ersten Kette mit dem Zinkcylinder der zweiten, das Kupfergefäss der zweiten Kette mit

dem Zinkcylinder der dritten u. s. w. — durch dicke Metalldrähte. Die Blase isolirt als ein poröses Diaphragma die Säure, welche das Zink von allen Punkten benetzt, von der Kupfervitriollösung, und verhindert ihre beiderseitige Vermischung, ohne als feuchter Zwischenkörper dem Durchgange des bei dem Schliessen der Kette entstehenden electrischen Stromes durch die beiden Flüssigkeiten ein Hinderniss in den Weg zu legen. — Statt der thierischen Blase sind jetzt poröse Thonzellen gebräuchlicher.

§. 12. Anhang: *Electrisches Leitungsvermögen.*

Die *besten* Leiter der Electricität sind Metalle, einige Metallverbindungen (unter den Erzen z. B. Kupfernickel, Kupferkies, Schwefelkies, *Braunstein*, Bleiglanz), Graphit und Kohle (?). Unter den Metallen leitet Palladium am besten, dann folgen Silber, Gold und Kupfer; weniger gut leiten Zink, Platin, Eisen, Quecksilber. Auf die Leitungsfähigkeit einiger Metalle äussert die Wärme nur einen unbedeutenden Einfluss, so z. B. auf Quecksilber, andere Metalle werden durch Erhöhung der Temperatur in dem Leitungsvermögen sehr gschwächt. — Im Kupferdraht bewegt sich die Electricität schneller, als das Licht im Weltraume.

Zu den *Halbleitern* gehören viele Mineralien, auch das reine Wasser. Letzteres leitet die Electricität sehr wenig, während es durch Aufnahme vieler Stoffe, selst solcher, die für sich Nichtleiter sind (Brom, Jod, Chlor), sehr gut leitend wird. Die Leitkraft und hierdurch die Zersetzbarkeit des Wassers wird gefördert durch die meisten Säuren, Basen, Salze.

Manche Körper, welche im festen Zustande Nichtleiter sind, zeigen sich im geschmolzenen Zustande leitend; dahin gehören: Jod, mehrere Jod-, Chlor-, Fluor-, Cyanmetalle, und viele Amphidsalze.

*Nichtleiter* (Isolatoren) sind die *Metalloide*, mehrere Metallverbindungen, Fette, trockene Pflanzenfaser, Seide, Wolle, Haare, Harze, Luft und die übrigen Gase unter gewöhnlichem Luftdruck und bei gewöhnlicher Temperatur. Letztere werden um so leitender, je mehr sie verdünnt werden.

Nach einer Entdeckung Ermann's, die er in dem Entladungskreise der Volta'schen Säule machte, giebt es unter den Halbleitern einige, welche in der Galvanischen Kette positive Electricität, und andere, welche die negative Electricität besser leiten; Ermann unterscheidet *positiv-unipolare* Leiter, zu welchen die Flamme des Wasserstoffs, Alkohols, des Oels, des Wachses, des Schwefels gehört, und *negativ-unipolare* Leiter, zu welchen trockene Seife, trockenes Eiweiss, die Flamme des Phosphors gehören. —

## Magnetismus.

§. 13. *Vorbemerkungen.* Einige Eisenerze, unter diesen vorzugsweise der sogenannte Magnetkies und der Magneteisenstein ziehen Eisenstückchen an und halten dasselbe mehr oder minder fest — *natürliche Magnete.* Dasselbe Vermögen erlangen metallisches Eisen und einige andere Metalle, als: Kobalt, Nickel, (Chrom und auch Mangan?) unter sehr verschiedenartigen Einflüssen — *künstliche Magnete.* Diese Kraft, *Magneticität*, äussert sich in jeder Entfernung, wie die Gravitation, nach dem Gesetz: die Anziehung ist dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional. (Coulomb's Drehwage). Sie ist nicht zu isoliren, und ist durch entschiedene Polarität characterisirt. — Nord- und Südpol, Indifferenzpunkt, Folgepunkte. —

Obgleich wir uns zur Beobachtung magnetischer Erscheinungen ganz besonders der genannten Metalle, am häufigsten des für Magnetismus empfänglichsten

Metalls, des Eisens bedienen, so möchten wir doch eine vollkommene Indifferenz gegen diese Kraft bei keinem Körper wahrnehmen. — Coulomb erkannte 1802, dass eine Menge Körper, organischer und unorganischer Natur, von dem Magnete afficirt werden; Hansteen glaubt magnetische Polarität aller Gegenstände auf der Oberfläche der Erde annehmen zu dürfen; Seebeck und Becquerel erkannten bei vielen Metallen, Metalllegirungen und anderen Körpern unter dem Einfluss starker Magnetstäbe entschiedene Magnetisirung. — Rotationsmagnetismus; Arago, Barlow, Babbage, Herschel. — Verschwinden des Magnetismus bei den magnetischen Metallen durch Einfluss der Wärme; Mangan hört bei einer Temperatur über 20° auf empfänglich für Magnetismus zu sein, Nickel verliert bei etwa 400° C., Chrom bei der dunklen Glühhitze, Kobalt und Eisen verlieren erst in noch höherer Temperatur vollkommen die Coërcitivkraft. Interessant ist die Erfahrung, dass in *reinem* Eisen zwar leichter Magnetismus zu erwecken ist, als in solchem, welches kleine Mengen Kohlenstoff oder Schwefel, Phosphor u. a. Metalloide enthält, dass aber auch in ersterem leichter als in letzterem die magnetische Polarität verschwindet.

§. 14. *Erdmagnetismus.* Wenn wir nicht bezweifeln können, dass chemische Thätigkeiten nicht ganz unabhängig sind vom Einfluss des Magnetismus, ja wenn wir auf solchen schon aus dem Zusammenhange zwischen Magnetismus und Electricität schliessen müssen, so haben wir uns auch in der Chemie mit Recht für den natürlichen Magnetismus der Erde — Erdmagnetismus — zu interessiren. Ausführlichere Darlegung des Folgenden gehört in die Physik.

Die Erdkugel äussert sich als ein Magnet mit veränderlichen Polen; auf jedem Punkte der Erde, und

niemals schlummernd, aber in der Intensität wechselnd, macht sich die magnetische Kraft geltend, und selbst in den von uns erreichten höchsten Höhen ist dieses der Fall. Humboldt, Biot, Gay-Lussac.

Die magnetischen Pole fallen nicht mit den geographischen zusammen; an nur wenigen Punkten der Erde liegen der magnetische und astronomische Meridian in gleicher Linie, und der magnetische Aequator, die Linie an welcher eine Magnetnadel horizontal steht, durchschneidet den geographischen nur an zwei Punkten. — Abweichung oder Declination; Linien mit gleicher Abweichung heissen isogonische Linien. Neigung oder Inklination; isoklinische Linien sind Linien, welche Oerter mit gleicher Neigung verbinden. Hansteen. Die isodynamischen Linien verbinden Orte mit gleicher magnetischen Intensität. Ermann.

§. 15. *Astatische Nadel.* Die gewöhnliche Magnetnadel steht unter dem Einfluss des Erdmagnetismus; die astatische Nadel, auf welche die magnetische Richtungskraft der Erde nicht wirkt, ist durch eine Combination von zwei gleich starken Magnetnadeln gebildet.

§. 16. *Chemische Wirkung.* Die chemischen Wirkungen des Magnetismus sind, selbst mit Anwendung kräftiger Magnete, bis jetzt nur unvollkommen ermittelt. Eine Wasserzersetzung durch diese Kraft ist noch nicht gelungen, dagegen ist nachgewiesen, dass sich durch sie Metalle reduciren und Krystallisationsprocesse fördern lassen. Murray, Hansteen und Maschman, Lüdecke.

## Licht.

§. 17. *Vorbemerkung.* Das Licht setzt uns mit weit entfernten Körpern, die wir nicht betasten können, in Verbindung. — *Selbstleuchtende* und *erleuchtete* Kör-

per. — Selbstleuchtende Stoffe senden direct Lichtstrahlen in unser Auge; indem sie auf die Nerven desselben einwirken, erkennen wir die Materie; erleuchtete Körper werden sichtbar durch Reflexion des auf sie fallenden Lichts. — Ein leuchtender Punkt schickt das Licht nach jeder Richtung, und zwar *geradlinig* in einem *homogenen* Mittel, *krummlinig* in einem *heterogenen* Mittel — das Licht erleidet bei seiner Bewegung durch Körper von verschiedener Dichtigkeit eine Brechung (Refraxion). — Die *Intensität* des Lichts nimmt im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung ab. Die *Geschwindigkeit* des Lichts ist durch terrestrische Beobachtungen nicht zu ermitteln. 1676 berechneten Römer und Cassini dieselbe durch Beobachtung der Jupitertrabanten; nach ihnen durchläuft das Licht in einer Secunde 42000 Meilen. —

Das farblose Sonnenlicht lässt sich zerlegen in Farben — *prismatische Farben* —, welche eine Wiedervereinigung zu farblosem Licht gestatten. Newton nahm 7 Grundfarben an; man ist im Stande die meisten Farbenphänomene mit Zugrundelegung von 3 Farben — roth, gelb und blau — hinreichend genau zu entwickeln.

Zur Erklärung der Lichtphänomene herrschen zwei Hypothesen. Nach dem Emanations-, Emissions- oder Newton'schen System kommen von dem leuchtenden Körper materielle Ausflüsse, welche entweder direct, oder nach Zurückstossung von erleuchteten Körpern, zu den Augennerven gelangen. Nach dem Undulations-, Vibrations-, Cartesius'schen, Huygens'schen oder Euler'schen System erregen die selbstleuchtenden Körper eine wellenförmige Bewegung in der Luft — dem Aether —; diese Wellen gelangen direct, oder durch Reflection in das Auge. Die Annahme eines eigenthümlichen Lichtstoffs ist wohl ganz unzulässig.

## Quellen des Lichts.

Zu den zahlreichen Quellen des Lichts gehören: der Krystallisationsakt, die Phosphorescenz, das Glühen der Körper, der chemische Process, die Electricität. —

§. 18. *Lichtentwickelung beim Krystallisiren, und bei der Formänderung der Körper überhaupt.* Schweigger, Heinrich, Berzelius, H. Rose.

H. Rose hat die häufig beobachteten Lichterscheinungen während der Krystallisation zu einem Versuch erhoben, indem er zuerst die Bedingungen erkannt hat, unter welchen diese Erscheinungen entstehen. 1835 lehrte Rose das Leuchten beim Krystallisiren der arsenigen Säure willkührlich hervorrufen; derselbe zeigte, dass das Leuchten nur bei Anwendung amorpher (glasiger) Säure eintritt. — 1841 vermehrte Rose die Anzahl der Körper, welche sich zu solchen Versuchen eignen; die durch Schmelzung vorbereiteten Stoffe müssen vollkommen amorph sein, wenn sie aus der Auflösung im Wasser unter Lichtentwickelung krystallisiren sollen. Nach Rose ist nämlich das Leuchten allein dadurch bedingt, dass der krystallisationsfähige Körper aus dem amorphen Zustande in den krystallisirten übergeht. —

Löst man die völlig durchsichtige, also amorphe, arsenige Säure in kochender verdünnter Salzsäure, und lässt die Lösung langsam erkalten, so leuchtet jeder sich ausscheidende Krystall lebhaft. — Eine gesättigte Auflösung von Fluornatrium zeigt beim langsamen Abdampfen viele lebhafte gelbe Lichtfunken. — Schwefelsaures Kali und schwefelsaures Natron zu gleichen Atomen zusammengeschmolzen, liefern eine ganz amorphe Masse, deren sogleich bereitete u. gesättigte Lösung in kochendem Wasser beim Abkühlen Licht entwickelt;

3 At. schwefelsaures Kali und 2 At. schwefelsaures Natron, 2 Thl. schwefelsaures Kali und 1 Thl. Kochsalz, 8 Thl. schwefelsaures Kali und 3 Thl. kohlensaures Natron, auch Chlorkalium und schwefelsaures Natron, 2 Thl. saures chromsaures Kali und 1 Thl. kohlensaures Natron, zusammengeschmolzen, geben amorphe Massen, welche sogleich im Wasser gelöst beim Erkalten der concentrirten Lösung Krystalle unter Lichtentwickelung absondern.

Giobert hat schon 1789 eine Abhandlung über das Leuchten des schwefelsauren Kalis beim Krystallisiren mitgetheilt. — Buchner beobachtete 1823 das Leuchten beim Sublimiren der Benzoësäure. — Fuchs sah ein Leuchten beim Erstarren des phosphorsauren Bleis. — Nach Schweigger gehören hierher alle Lichterscheinungen, welche in Folge der Formumänderung der Materie eintreten; je leichter die Materie eine solche Molecularveränderung gestattet, um so wahrscheinlicher wird das krystallelectrische Licht, (als solches betrachtet Schweigger den Funken) eintreten.

Wird atmosphärische Luft, oder eine Mischung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas, durch einen plötzlichen Stoss verdichtet, so entsteht eine Lichterscheinung und grosse Wärme. Compressionsfeuerzeug. — Es tritt dieselbe Erscheinung im umgekehrten Fall bei plötzlicher Ausdehnung comprimirter Gase ein. Windbüchsenlicht.

Ganz im Sinne der Schweigger'schen Ansicht, zeigt sich Licht beim plötzlichen Druck auf Wasser und andere Flüssigkeiten.

Eine grosse Anzahl fester, besonders krystallisirter Körper zeigt ein Leuchten, wenn sie zerstossen, oder zerbrochen werden, wenn also die Cohäsion, und damit der moleculare Zustand geändert wird. Leuchten beim Zerbrechen recht harten Zuckers, beim

Zerschlagen des Eises, beim Zerspalten von Glimmerblättchen, beim Zerreiben vieler Körper.

Es dürfen sich auch die Lichterscheinungen hier ganz passend anschliesen, welche beim mässigen Erhitzen mancher Körper plötzlich eintreteten, da in Folge desselben ebenfalls die Cohäsion eine andere geworden zu sein scheint. Chromoxyd, Titansäure, phosphorsaure Talkerde, Gadolinit, Orthit, Allanit, Uranotantal u. a. K. gerathen, wenn man sie bis zu einem gewissen Punkte erhitzt, in ein lebhaftes, doch bald vorübergehendes Glühen. Eine *chemische* Veränderung der Stoffe ist dadurch nicht erfolgt!

§. 19. *Phosphorescenz.* Heinrich (1811—1820), Wach, Schweigger, Seebeck, Grotthuss. Viele Körper haben die Eigenschaft längere Zeit zu leuchten, wenn sie dem Lichte ausgesetzt — Phosphorenz durch Insolation oder Bestrahlung; *Lichtsauger, Lichtmagnete* — oder im Dunkeln schwach erwärmt werden — *Leuchtsteine.*

Unter den *natürlichen* Lichtsaugern nimmt der röthlichviolette *Flussspath* von Nertschinsk (Pyrosmaragd oder Chlorophan) die erste Stelle ein; Grotthuss beobachtete 1814, dass dieses Mineral, wenn es nur wenige Minuten in das Sonnen- oder Kerzenlicht gestellt wird, Tage, ja Wochen lang im Dunkeln leuchtet. — Die meisten Diamanten, doch nicht alle, ferner: kalkartige Fossilien, besonders Arragonit, Marmor, ferner Strontianit gehören zu guten Leuchtsteinen.

Unter den *künstlichen* Leuchtsteinen nennen wir folgende:

Der *Bononische* oder *Bologneser* Leuchtstein, welcher wesentlich Schwefelbarium ist; ein kleiner Gehalt von Magnesium verbessert denselben. Schwefelstrontium dem Schwefelbarium ähnlich.

Der *Homberg'sche* Phosphor ist wesentlich Chlorcalcium; man stellt ihn durch Schmelzung von 1 Thl. Salmiak mit 2 Thl. zerfallenem Kalk dar.

Der *Canton'sche* Phosphor ist wesentlich Schwefelcalcium.

Wach und Osann haben die Zahl der künstlichen Phosphore bedeutend vermehrt. Antimon-, Realgar-, Arsenikphosphore.

In Bezug auf *Lichtstärke*, *Farbe* und *Dauer* des Lichts verhalten sich die Phosphore sehr verschieden; die Farbe steht auch in gar keiner Beziehung zu der Farbe des Lichts, von welchem der Leuchtstein bestrahlt wurde. Grotthuss und Seebeck machten die Erfahrung, dass das blaue Licht am stärksten, das rothe am schwächsten, und oft gar nicht die Phosphorescenz hervorruft.

Chemische Veränderung der phosphorescirenden Körper ist nicht beobachtet, ja wenn solche durch den Einfluss anderer Stoffe erfolgt, so hört die Phosphorescenz auf.

Phosphorescenz durch Wärme tritt bei den meisten Körpern ein, welche durch Insolation leuchtend werden, aber auch bei solchen, welche durch Lichteinfluss nicht leuchtend werden. Schwefelsaures Chinin und schwefelsaures Cinchonin leuchten bei sehr schwacher Erwärmung; ebenso verhalten sich viele Oxyde schwerer Metalloxyde z. B. Zinkoxyd.

Manche Körper werden an den Stellen phosphorescirend, wo electrische Funken über sie hingegangen sind; Doppelspath, Flussspath, Schwerspath, u. v. a. K.

### §. 20. *Licht durch Thiere und Pflanzen.*

Es scheint nicht mehr zweifelhaft zu sein, dass das Leuchten vieler dieser Geschöpfe durch Absonderungsstoffe bedingt wird, welche eine chemische Ver-

änderung an der Luft oder in lufthaltigem Wasser erleiden. Diese Stoffe verhalten sich ähnlich wie Phosphor, und man ist wohl geneigt, Phosphor in ihnen anzunehmen. Die während ihres Lebens leuchtenden Thiere gehören den niedern Thierklassen an; vorzüglich sind es Insekten und Würmer; zuweilen ist leuchtender Schweiss, häufiger phosphorescirender Harn bei Menschen beobachtet. — Bei den Pflanzen sind es wohl auch abgesonderte Stoffe, welche durch ihre chemische Veränderung an der Luft das Leuchten bewirken.

Leuchten faulender oder verwesender Thiere und Pflanzen ist gar nicht selten. Am häufigsten leuchten Seethiere; in der Regel wird das Leuchten durch solche Mittel befördert, welche dem Oxydationsakte günstig sind. In nächster Beziehung zu diesen Erscheinungen, steht das in Gährungsflüssigkeiten wahrgenommene Licht.

Anhang. Das Leuchten des Meeres, welches sich in sehr mannigfacher Weise zeigt, wird von Vielen jetzt mit Bestimmtheit von leuchtenden Thierchen abgeleitet. Einzelne leuchtende Stellen im Meere rühren von Medusen, Salpen und Pyrosomen her, welche das lebhafteste Licht ausstrahlen. Auch Fäulnissprodukte abgestorbener Seethiere müssen als Quelle des oft einen allgemeinen, aber matten Lichtschein spendenden Meeres gelten.

§. 21. *Licht bei dem chemischen Prozess.* Es ist im Vorhergehenden oft erwähnt worden, dass der chemische Prozess, mag derselbe eine Vereinigung oder Trennung der Stoffe zur Folge haben, gewöhnlich von Wärme und Licht begleitet wird.

Lavoisier bekämpfte 1782 die durch Stahl 1702 begründete Phlogistontheorie, nach welcher alle verbrennlichen Stoffe einen besonderen Brennstoff „*Phlogiston*" enthielten, und nach welcher die Verbrennungs-

erscheinungen ganz einfach durch das Entweichen des Phlogistons, unter Licht und Wärme, erklärt wurden. Nach der Entdeckung des Sauerstoffs 1774 durch Pristley und Scheele, erklärte Lavoiser die Verbrennung in der Atmosphäre als einen Akt der Vereinigung zwischen dem verbrennenden Körper und dem Sauerstoff (Oxygen) der Luft; das Produkt der Verbrennung ist also eine chemische Verbindung, eine Sauerstoffverbindung — ein Oxyd, — *die Verbrennung ein chemischer Prozess.*

Nicht nur bei der Vereinigung des Sauerstoffs mit andern Körpern sondern bei jedem chemischen Prozess kann Licht entstehen, und nach unsern bisherigen Erfahrungen, tritt solches um so leichter hervor, je energischer die Vereinigung, oder die Trennung erfolgt. Chlor mit Antimon, Kupfer und andern Metallen, auch mit Phosphor u. a. K. — Jod mit Kalium. — Schwefel mit Kupfer, Eisen, Blei u. a. M. — Kali mit concentrirten Säuren. — Baryt oder Kalk mit Wasser. — Magnesia mit concentrirter Schwefelsäure. — Licht bei der Zersetzung des Jodstickstoffs, der Stickstoffmetalle und anderer Verbindungen. —

*Pyrophore* sind Körper genannt, welche unter lebhaftem Erglühen an der Luft sich oxydiren; Homberg's Alaunpyrophor; Brechweinsteinpyrophor; Bleizuckerpyrophor; das pyrophorische Eisen, Nickel, Kobalt nach Magnus. In Kohle vertheilter Schwefelkies, namentlich die Schwefelkies führenden Alaunschiefer u. s. w.

§. 22. *Das electrische Licht.* Es entsteht durch Ausgleichung des gestörten electrischen Gleichgewichts. Beim Ausströmen freier Electricität erscheint das Licht als ein Lichtbüschel, welcher bei der *positiven* Electricität ausserordentlich *divergent* ist. Der Funke ist in *verdichteter* Atmosphäre höchst lebhaft, in Kohlen-

säuregas grünlich, auch roth, in Wasserstoffgas roth und matt, in Wasserdampf gelb, in Alkohol- und auch in Aetherdampf apfelgrün; durch den *luftverdünnten* Raum geht die Electricität leicht und still hindurch, und verbreitet sich darin mit einem schönen, matten Lichtscheine, in welchem sich Strahlen von verschiedenem Glanze zeigen. — Lichterscheinung im sogenannten Torricelli'schen Raume der Barometer.

§. 23. *Licht durch Glühen.* Viele Körper erhalten sich in grosser Hitze unzerstört, zeigen aber in dieser Hitze ein in der Intensität verschiedenes Licht — sie glühen. — Drummond's Licht, durch Glühen einer Kalkkugel in der mit Sauerstoffgass angefachten Alkoholflamme. —

Das Leuchten der Flamme steht mit der Wärme derselben in gar keinem Verhältniss. Die Wasserstoffgasflamme ist intensiv heiss und leuchtet nur ganz matt. Das starke Leuchten einer Flamme ist durch die Gegenwart eines in der Flamme schwebenden glühenden Körpers bedingt. Bei unsern gewöhnlichen Verbrennungen entsteht das Leuchten entweder durch das Glühen des Verbrennungsproducts, wie z. B. beim Verbrennen von Phosphor, Zink u. s. w., oder durch das Glühen des Körpers, der erst nach dem Glühen die Verbrennung erleidet, wie z. B. die Kohle bei unserm Kerzen- und Lampenlicht.

## Optische Verhältnisse.

§. 24. *Reflexion des Lichts — Katoptrik.*

Gesetz: Der Einfallswinkel eines Lichtstrahls ist dem Reflexionswinkel völlig gleich. — Einfallsloth. — Der einfallende Strahl, das Einfallsloth, und der reflectirte Strahl liegen in einer und derselben Ebene. — Der ebene Spiegel.

Beim *Reflexionsgoniometer* kommt die Spiegelung der Krystallflächen in Anwendung; dieses Instrument dient dazu, den Winkel zu messen, den zwei Flächen eines Krystalls mit einander machen. Wollaston's Goniometer; für sehr grosse Krystalle das Gambey'sche Goniometer. Die Reflexion von *sphärischen* Spiegeln erfolgt nach demselben Gesetz.

Der concave Spiegel, Hohl-, Sammlungs-, oder *Brennspiegel*; nahe Gegenstände erscheinen vergrössert, gerade und hinter dem Spiegel, ferne Gegenstände aber verkleinert, verkehrt und vor dem Spiegel. Der Brennpunkt, Focus. — Die convexen Spiegel geben stets verkleinerte, hinter der Spiegelfläche liegende Bilder; sie haben keinen wirklichen, sondern nur einen eingebildeten Brennpunkt.

§. 25. *Refraction oder einfache Brechung des Lichts — Dioptrik.*

Beim Uebergang eines Lichtstrahls aus einem einfachbrechenden Mittel in ein anderes, erleidet derselbe eine Richtungsänderung — er wird gebrochen. Einfalls- und Brechungswinkel, Einfallsloth. —

Gesetz: Die Brechungsebene fällt mit der Einfallsebene zusammen, und für dieselben Mittel steht der Sinus des Brechungswinkels in einem constanten Verhältniss zum Sinus des Einfallswinkels. — Der gebrochene Strahl wird dem Einfallsloth *genähert* oder von demselben *entfernt*, je nachdem er aus einem *dünnern* in ein *dichteres Mittel* übergeht, oder umgekehrt.

Die durch Lichtbrechung bewirkten Phänomene sind höchst zahlreich, und leicht zu beobachten, wenn es auf keine Berechnung ankommt. — Erst Cartesius

(im Anfange des 17. Jhrd.) erkannte das Brechungsgesetz. Newton berechnete das Lichtbrechungsvermögen vieler Körper; es zeigten sich ihm *die verbrennlichen Stoffe vorzüglich starklichtbrechend.* Seine Vermuthung über die Verbrennlichkeit des Diamants wurde bald darauf von der Florentiner Akademie bestätigt. Brewster fand, dass viele undurchsichtige Körper, in sehr dünnen Schichten angewandt, durchsichtig werden, und dass feste nicht völlig durchsichtige Substanzen schön durchsichtig werden, wenn man sie in Flüssigkeiten bringt, welche gleiches Brechungsvermögen mit dem wenig durchsichtigen Körper besitzen (S. §. 31). Technische Benutzung dieser Entdeckung zur Prüfung geschliffener Gläser, zur Unterscheidung künstlicher Pasten von wahren Edelsteinen u. s. w. Das Lichtbrechungsvermögen von Gasen ist besonders durch Arago und Biot, demnächst mit vorzüglicher Sorgfalt durch Dulong ermittelt. Diese Physiker haben folgende Resultate erhalten:

1. Das Brechungsvermögen einer Substanz im flüssigen Zustande ist grösser, als das Brechungsvermögen desselben Körpers, wenn solcher Gasform besitzt.

2. Das Brechungsvermögen eines Gases bleibt für jeden Druck und jede Temperatur constant.

3. Zwischen den Zahlen, welche die brechende Kraft und die Dichtigkeit eines Körpers ausdrücken, zeigt sich keine Beziehung.

4. Die brechende Kraft einer *Mischung* ist gleich der Summe der brechenden Kräfte der gemischten Körper. — Hiernach würde die atmosphärische Luft ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoffgas sein.

5. Bei gasförmigen *Verbindungen* ist die brechende Kraft bald grösser, bald kleiner als die Summe der brechenden Kräfte ihrer Elemente.

§. 26. *Linsen*, d. s. Körper, welche die Convergenz durchgehender Strahlen vergrössern oder verkleinern. Zu den gebräuchlichsten gehören a) die *convexen* Linsen, oder Sammellinsen, weil sie parallele oder divergente Strahlen convergent, oder convergente noch convergenter machen; b) die *concaven* Linsen, oder Zerstreuungslinsen, welche in der Mitte dünner sind als am Rande; sie machen parallele und convergente Strahlen divergent, und divergente noch divergenter. Menisken nennt man concavconvexe Linsen. —

§. 27. *Zerlegung des weissen Lichts. Farbe.* — Newton, Brewster, Fraunhofer. Das Licht wird durch prismatische Mittel in farbige Theile zerstreuet; es entsteht ein Farbenbild „Spectrum", dessen nähere Beschaffenheit von der Masse und Stellung des Prismas abhängig ist. — Brechender Winkel des Prismas. — Das Spectrum zeigt 7 Farben — *Regenbogenfarben*, *prismatische* oder *einfache* Farben, homogenes Licht —: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett (Newton), welche Brewster u. A. auf 3 Grundfarben: blau, gelb und roth reduciren. Farbendreieck. — Die *rothen* Strahlen haben die *geringste* Ablenkung erfahren, die *violetten* aber die *stärkste*; die violette Farbe steht im Spectrum am tiefsten, wenn der brechende Winkel des Prismas nach oben gerichtet ist. Betrachtet man das Spectrum durch ein zweites Prisma, welches so gestellt ist, dass es ebenfalls an *der* Stelle ein gleiches Farbenbild geben würde, wo das erste sich befindet, so erscheint das Farbenbild wieder weiss. — Alle einfachen Farben, in dem Verhältniss, wie sie das Spectrum giebt, vereinigt, bilden weisses Licht.

*Complementäre* Farben nennt man 2 Farbentöne, welche zusammengenommen Weiss geben. Jede Farbe hat ihre complementäre; so ist z. B. Violett die com-

plementäre Farbe des Gelb, Blau ist complementär zu Orange u. s. w. —

*Chromatische Abweichung* nennt man die Farbenzerstreuung durch Linsengläser. Dollond construirte 1757 die ersten *achromatischen* Linsen, bei welchen durch Combination von 2 convexen Linsen aus Crownglas und einer concaven Linse aus Flintglas die Farbenzerstreuung des durchgehenden Lichts verhindert wird. Blair empfahl zu diesem Zweck statt des Flintglases stark brechende und zerstreuende Flüssigkeiten z. B. Schwefelkohlenstoff.

Die einzelnen Theile des Farbenbildes sind eigenthümlich in ihren thermischen, leuchtenden und chemischen Wirkungen, so dass man geneigt ist, im Spectrum 3 Strahlenarten: Wärme =, Farbestrahlen und chemische Strahlen anzunehmen (Herschel; Ritter). Diese Ansicht wird durch die Entdeckung unterstützt, dass bestimmte Media, durch welche das Licht geht, eine ganz ungleiche absorbirende Kraft auf die drei Arten von Strahlen ausüben, dass man z. B. dem Sonnenlicht den grössern Theil *einer* Strahlenart entziehen kann, ohne in bedeutendem Grade die beiden andern zu schwächen.

*Subjective* oder *physiologische Farben* werden Farben genannt, die nicht unmittelbar gesehen, sondern nach besonderm Lichteindruck von unserm Gesichtsorgane empfunden werden.

*Natürliche Farben* oder *Pigmente.* Sowohl das reflectirte, als auch das durchgehende Licht wird von der Materie so modificirt, dass es eine einfache oder eine gemischte Farbe zeigt. Durch Reflexion oder Durchlassung aller Farbestrahlen entsteht die weisse Farbe der Körper, durch Absorption aller Farben entsteht das Schwarz. Oft strahlt ein Körper anders gefärbtes Licht zurück, als er durchlässt; Lackmustinktur

wirft blaues Licht zurück, lässt rothes durch; Gold, Selen, Beinglas u. s. w. — Von ausserordentlichem Einfluss auf die Färbung der Körper ist der Aggregatzustand derselben; Zinnober, Quecksilberjodid, Schwefelantimon; Farbe des Quecksilberoxyds, des Zinn- und Zinkoxyds, des Schwefels u. s. w. in verschiedenen Temperaturen. — Wie die prismatischen Farben, so gestatten auch die Pigmente eine Vereinigung zu Weiss. Fischer's Farbenspindel.

Anhang: Manche Körper brennen mit eigenthümlich gefärbter Flamme, oder ertheilen, wenn sie nicht selbst brennbar sind, ungefärbten oder schwach gefärbten Flammen bestimmte Färbungen. Dieses Verhalten gestattet häufig die genügende Erkennung einer fraglichen Substanz, findet aber auch bei optischen Versuchen Anwendung. So geben *Natrium*verbindungen ein starkes und homogenes Gelb, *Kalium*verbindungen ein schönes blasses Violett, *Calcium*verbindungen ein Ziegelroth, *Strontium*verbindungen ein herrliches Carmoisin, *Lithium*verbindungen ein Purpurroth, *Barium*verbindungen ein blasses Apfelgrün, *Boraxsäure* ein lebhaftes Grün, *Kupfer*verbindungen ein schönes Grün, oder ein Grünblau wie z. B. Kupferchlorid.

§. 28. *Beugung, Diffraction* oder *Inflexion* des Lichts. — Grimaldi 1665, Fresnel, Fraunhofer, Joung, Schwerd. — Geht ein Lichtstrahl nahe an den Kanten eines Körpers vorüber, oder durch eine kleine Oeffnung, so entstehen durch Interferenz der gebeugten Strahlen farbige, und bei Anwendung von homogenem Licht hellere und dunklere Streifen oder Ringe. — Betrachtung des Lichts durch ein enge gewebtes Zeug, durch den Bart einer Feder und dergl. Hoffmann's Chromadot. Reflectirte Strahlen können dieselbe Erscheinung bewirken; auf diesem Phänomen beruht das Farbenspiel der Perlmutter, des ätherischen

Oels auf der Oberfläche von Wasser, der farbigen Sprünge durchsichtiger Mineralien, der Oxydschicht auf der Oberfläche polirter Metalle, die Erscheinung der sogenannten Newton'schen Farbenringe u. s. w. Barton's irisirende Knöpfe.

§. 29. *Doppelte Strahlenbrechung.* — Erasmus Bartholinus 1669. Huygens, Fresnel.

Viele durchsichtige Körper, und vorzugsweise *krystallisirte*, haben die merkwürdige Eigenschaft, den Lichtstrahl beim Durchgang gleichsam zu spalten, indem ein Theil des Strahls eine gewöhnliche Brechung, ein anderer Theil aber eine ungewöhnliche Brechung erleidet — *einaxige Krystalle*, d. s. Krystalle, bei welchen *eine* optische Axe zur Erklärung des Phänomens angenommen wird; bei andern Körpern ist *keiner* der beiden Strahlen nach dem gewöhnlichen Gesetz gebrochen — *zweiaxige Krystalle.* — Der ordentliche oder gewöhnliche, und der ausserordentliche oder ungewöhnliche Strahl. —

Bei den *einaxigen* Krystallen ist entweder der ausserordentliche Strahl stärker gebrochen, als der ordentliche — *positive Krystalle* (Quarz, Zirkon, Eis, u. a.) — oder er ist weniger gebrochen, als dieser — *negative Krystalle* (Kalkspath, Turmalin, Corund, Smaragd, salpetersaures Natron, Blutlaugensalz, u. a.). —

Zu den optisch zweiaxigen Krystallen gehören die Körper, welche im krystallographischen System 1. dem prismatischen (Arragonit, Salpeter, Topas, Zinkvitriol), 2. dem hemiprismatischen (Gyps, Borax, Glaubersalz, Soda, Rothbleierz), 3. dem tetartoprismatischen (Kupfervitriol) System angehören. —

*Die dem tessularen System angehörenden Krystalle zeigen gar keine doppelte Strahlenbrechung;* mithin gehören zu den optisch-einaxigen Krystallen, die des pyramidalen und des rhomboëdrischen Systems.

Bei den einaxigen Krystallen fällt die optische Axe mit der krystallographischen *Haupt*axe zusammen, bei den zweiaxigen aber, bilden die beiden optischen Axen bei verschiedenen Substanzen verschiedene Winkel mit einander.

Die erste Veranlassung zur Beobachtung der doppelten Strahlenbrechung gab der sogenannte isländische Doppelspath, ein in schönen Rhomboëdern krystallisirender kohlensaurer Kalk. — Manche Körper, welche keine krystallinische Structur besitzen, und doppelte Brechung nicht wahrnehmen lassen, werden nicht selten durch äussere Ursachen doppeltbrechend, z. B. Glas durch einen einseitigen Druck, oder durch plötzliche Abkühlung.

***Das doppelt gebrochene Licht hat neue Eigenschaften erlangt — die Strahlen, welche einen doppeltbrechenden Krystall durchlaufen haben, sind polarisirt.*** Anwendung doppelt brechender Körper zu Polarisationsversuchen; das Nicol'sche achromatische Prisma, Rochons Mikrometer. — Da viele nicht krystallinische Substanzen das Licht beim Durchgange polarisiren, so schreibt man auch diesen ein doppeltes Brechungsvermögen zu, obgleich dasselbe durch directe Beobachtung nicht nachzuweisen ist; Terpenthinöl, Lösungen von Gummi und Dextrin, Zuckersyrup u. s. w.

§. 30. ***Lichtpolarisation.*** — Malus 1811, Brewster, Arago, Fresnel, Biot. Unter den von ***nichtmetallischen*** Oberflächen reflectirten Strahlen giebt es solche, welche nicht nach allen Seiten hin dieselben Beziehungen zeigen; diese werden ***polarisirte*** Strahlen, die Erscheinung selbst wird ***Lichtpolarisation*** genannt. Fällt z. B. ein Lichtstrahl in einem Winkel von 35° 25' auf eine ebene, am besten schwarze Glastafel (Polarisationsspiegel), so wird unter ***diesem*** Einfallswinkel der ***reflectirte*** Strahl polarisirt; er zeigt

nämlich Folgendes: Fällt der reflectirte Strahl auf eine zweite Glastafel (Zerlegungsspiegel), welche mit der ersten parallel ist, so wird er, nach dem gewöhnlichen Reflexionsgesetz, auch von dieser in einem Winkel von 35⁰ 25¹ zurückgeworfen, und der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden in ein und derselben Ebene; dreht man nun den zweit n Spiegel, mit Beibehaltung seiner ursprünglichen Neigung, so, dass die Richtung des Strahls die Umdrehungsaxe bildet, so wird die Intensität des vom zweiten Spiegel reflectirten Strahls immer matter, bis bei der Drehung um 90⁰, wo die Reflexionsebene senkrecht auf der Einfallsebene steht, der Strahl dem Auge gar nicht mehr sichtbar ist. Bei fortgesetzter Drehung verstärkt sich wieder das Licht, bis es bei 180⁰ Drehung seine ursprüngliche Stärke erreicht hat. Diese Erscheinung wiederholt sich: Dunkelheit tritt bei 270⁰ ein, vollkommenes Licht natürlich bei 360⁰ d. i. bei der anfänglichen Stellung des Spiegels.

Auch die in einem bestimmten Winkel auffallenden Strahlen werden bei dem *Durchgange* polarisirt. — Die beiden Strahlen, welche sich durch einen doppeltbrechenden Krystall fortpflanzen, sind rechtwinklich zu einander polarisirt.

Jede Substanz hat bei der Reflexion ihren eigenthümlichen Polarisationswinkel; für Glas beträgt derselbe 35⁰ 25¹, für Obsidian 33⁰. — Brewster erkannte das höchst interessante Gesetz, *dass der Polarisationswinkel für einen gegebenen Körper derjenige ist, für welchen der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen rechtwinklig steht.* —

***Polarisationsapparate;*** von Biot, Dove, Nörrenberg. Zu einem kleinen Polarisationsapparate genügen zwei Turmalinplatten. —

Bringt man zwischen die beiden Spiegel eines Polarisationsapparats ein dünnes Gypsblättchen, oder Kalkspathplatten, Platten von salpetersaurem Natron, Eis, Arragonit, Topas und andern doppeltbrechenden Krystallen, welche nach bestimmten Richtungen geschnitten sind, so erscheinen die Substanzen, beim Durchgang des polarisirten Lichts, *prachtvoll gefärbt*, und es ändert sich die Intensität der Farbenbilder oder die Färbung selbst, wenn eine Drehung der Platten erfolgt. — Zur Beobachtung dieser überraschend schönen Erscheinung Airy's oder Soleil's Linsenapparat. —

Arago beobachtete, dass bei einer Quarzplatte, welche senkrecht zur Axe geschnitten ist, in keiner Stellung des Zerlegungsspiegels dieselbe ganz farblos hell oder dunkel erscheint, und dass es Quarzkrystalle giebt, bei welchen der Zerlegungsspiegel von der Rechten zur Linken, bei andern aber von der Linken zur Rechten gedreht werden muss, um die Farben in *derselben* Reihenfolge zu beobachten. Fresnel nannte dieses Phänomen *Circularpolarisation.* Biot hat dieselbe Erscheinung bei mehreren Flüssigkeiten und Gasen beobachtet, und die Aufmerksamkeit der Chemiker auf diese Erscheinung gelenkt. Die Circularpolarisation der Flüssigkeiten hat jetzt eine technische Bedeutung gewonnen, indem sie angewandt wird, um den Zuckergehalt des Syrups und die Aechtheit mancher andern Körper zu ermitteln. — Ventzke's Apparat, und Untersuchung verschiedener Zuckerlösungen. — Dextrin hat man eine durch Zersetzung der Stärke mittelst Schwefelsäure dargestellte Gummiart genannt, welche das Licht auf dieselbe Weise, wie eine Zuckerlösung polarisirt, aber mit dem Unterschiede, dass dieselben Farben, welche bei dem Zucker durch Drehung nach links entstehen, bei diesem Gummi durch Drehung nach rechts hervorgebracht werden. — Boeck empfahl

1839 eine höchst interessante Anwendung des polarisirten Lichts bei mikroscopischen Untersuchungen.

§. 31. *Durchsichtigkeit der Körper.* Ein vollkommen durchsichtiger Körper, d. i. ein solcher, welcher *alles* Licht ungeschwächt durchlässt, existirt nicht; jeder Körper absorbirt mehr oder weniger das Licht. — Durchsichtige, durchscheinende, undurchsichtige Körper.

Grössere oder geringere Dichte bedingt durchaus nicht die Durchsichtigkeit, *sie wird vielmehr von einer optischen Gleichartigkeit der Moleküle* eines Körpers abgeleitet werden können. Papier wird durchsichtiger, wenn man es in Oel tränkt, und dadurch die in seinen Poren enthaltene Luft durch Oel ersetzt. Der *Hydrophan* (Weltauge) wird im Wasser durchsichtig. Der *Pyrophan* wird durchsichtig nach dem Liegen in geschmolzenem Wachs.

Zu den undurchsichtigsten Körpern gehören die Metalle; in dünnen Lagen sind indessen viele deutlich durchsichtig. Nach Brewster werden die durchsichtigsten Körper in gehöriger Dicke undurchsichtig; so absorbirt das Seewasser in einer Dicke von 679 Fuss alles Licht, und selbst die Luft würde bei einer Höhe von c. 138 Prss. Meilen undurchsichtig erscheinen.

## Chemische Wirkungen des Lichts.

§. 32. *Geschichtliche Bemerkungen.* — Scheele erkannte zuerst die chemische Wirkung des Sonnenlichts; 1773 beobachtete derselbe die Schwärzung des mit Chlorsilber bestrichenen Papiers in der violetten Farbe des Spectrums, und die Beibehaltung der weissen Farbe bei Verwahrung des Silberpräparats unter einer schwarzen Glastafel. Umfassendere Untersuchungen hierüber durch Senebier 1782, dann durch Berthollet 1786. Rumford glaubte 1798 die Wirkung von den *Wärme-*

strahlen des Lichts ableiten zu müssen. Herschel unterschied 1800 zuerst Licht- und Wärmestrahlen, und schrieb ersteren eigenthümliche Wirkungen zu. Ritter machte 1801 die merkwürdige Entdeckung, dass auf der Seite des Violetts im Farbenspectrum ausserhalb desselben Sonnenstrahlen anzutreffen seien, die sich besonders durch ihre Wirkung auf Chlorsilber auszeichneten, dass diese Einwirkung im Blau und Grün sich vermindere, und im Gelb und Roth gänzlich aufhöre; Herschel hatte kurz vorher gefunden, dass das Maximum der Wärme des Spectrums an der äussern Grenze des Roth anzutreffen sei. Wollaston scheint gleichzeitig, doch unabhängig von Ritter die chemischen Strahlen entdeckt zu haben. 1813 vortreffliche Arbeit von Bérard. Seebeck's Versuche mit farbigen Gläsern 1819. E. Becquerel machte 1841 die interessante Entdeckung, *dass die rothen und gelben Strahlen, welche Bromsilber gar nicht afficiren, eine merkliche Wirkung hervorbringen, wenn die Silberverbindung nur sehr kurze Zeit unter dem Einfluss des weissen oder blauen Lichtes gestanden hat;* er theilt deshalb die Strahlen ein, in 1. anregende Strahlen (blaue und violette), und 2. fortwirkende Strahlen (rothe). Nach Moser's Untersuchungen tritt die Wirkung der rein gelben und grünen Gläser auf das Jodsilber erst ein, wenn dieses längere Zeit den blauen und violetten Strahlen ausgesetzt worden ist. Auf das unveränderte Jodsilber wirken also nur die violetten und blauen Strahlen; ist es durch sehr kurzes Aussetzen an das Licht etwas verändert, so wirken auch die rothen Strahlen, und wenn die Veränderung des Jodsilbers soweit vorgeschritten ist, dass es die Eigenschaft hat, die Quecksilberdämpfe niederzuschlagen, dann wirken auch die gelben und grünen Strahlen. — E. Becquerel zieht aus seinen weitern

Versuchen 1843 den Schluss, dass es nicht verschiedenartige Strahlen giebt, und dass erwärmende, leuchtende und chemische Strahlen die Wirkungen von einerlei Agens seien, dessen Einfluss, besonders der chemische, von der Natur der Körper bestimmt wird, auf die es einwirkt. Draper dagegen hält die Kraft im Sonnenlichte, welche chemische Veränderungen bewirkt für ein viertes selbstständiges Grundagens — *tithonische Strahlen.*

Mit *Feuerlicht* kann die chemische Wirkung nur dann bemerkt werden, wenn dasselbe, wie das Sonnenlicht farblos und höchst intensiv erzeugt worden ist.

§. 33. *Beispiele von chemischer Vereinigung,* welche durch das Sonnenlicht bewirkt wird. Chlor- und Wasserstoffgas zu salzsaurem Gase unter weissem oder blauem, nicht unter rothem Glase. — Chlor- und Kohlenoxydgas zu dem sogenannten Phosgengas Davy's 1817, jetzt kohlensaurem Kohlensuperchlorid. — Jod mit ölbildendem Gase.

§. 34. *Beispiele von chemischer Trennung.* — *Concentrirte* Salpetersäure zersetzt sich in Sauerstoff und Untersalpetersäure hinter weissem und blauem, nicht hinter gelbrothem Glase. — Viele Metallverbindungen, besonders die der edlen Metalle werden am Lichte zersetzt; so wird Quecksilberoxyd geschwärzt wegen Entstehung von Quecksilberoxydul und Quecksilber unter Entbindung von Sauerstoff; Silberoxyd zerfällt in Silber und Sauerstoff; die Lösung des Quecksilberchlorids scheidet Quecksilberchlorür, und die Auflösung des Goldchlorids setzt Goldflitterchen ab; das Chlorsilber färbt sich im Sonnenlicht und auch im Drummond'schen Licht erst violett, dann schwarz unter Entwickelung von Chlor.

§. 35. *Beispiele von Trennungen, welche von Verbindungen begleitet werden.* — Zersetzung des

Chlorwassers. — Kalkwasser zersetzt die Lösung des Chlorplatins im farblosen oder violetten, nicht im rothen oder gelben Licht; Doebereiner's Darstellung des reinen Platins. — Zersetzung der wässrigen chlorigen Säure, Unterchlor- und Chlorochlorsäure; Millon 1843. — Zersetzung wasserfreier Blausäure durch Chlor unter Bildung von Salzsäure und festem Chlorcyan. — Bildung verschiedener Chlorkohlenstoffverbindungen im Sonnenlicht aus Gemischen von Chlorgas und Kohlenwasserstoffgas. — Die Auflösung von Eisenchlorid im Aether wird hinter weissem und blauem, nicht hinter rothem Glase zu Eisenchlorür und Chloräther; Tinct. nervina Bestuscheffii; viele andere Chlormetalle verhalten sich ähnlich in der weingeistigen oder ätherischen Lösung. — In Weingeist gelöstes schwefelblausaures Eisenoxyd wird zu farblosem Eisenoxydulsalz. — Kohle und Oele fällen die reinen Metalle aus Gold- und Silberauflösungen bei gewöhnlicher Temperatur nur im Licht, nicht im Dunkeln. —

Bleichung vieler pflanzlichen Farbestoffe; Aenderung der Farbe mancher Stoffe aus dem Pflanzen- und Thierreiche; so wird das gelbe Guajakharz an der Luft durch Oxydation im farblosen oder violetten Lichte grün, während das concentrirte rothe Licht wieder die gelbe Farbe zurückruft. —

Lebende Pflanzen zersetzen die Kohlensäure unter Ausstossung von Sauerstoffgas nur im Lichte, und zwar findet nach Draper's neuesten Arbeiten (1843) dieser Zersetzungsakt am lebhaftesten auf der Grenze von Gelb und Grün, nächstdem im Roth, gar nicht im Violett und Blau statt.

§. 36. *Photographisches Papier.* — Nach Daguerre wird schwach oder nicht geleimtes Papier in säuerlich gewordener Salznaphtha getränkt, nach dem Trocknen

im Dunkeln durch eine Lösung des salpetersauren Silberoxyds gezogen und in gelinder Wärme getrocknet. — Talbot nimmt statt der Salznaphtha sehr verdünnte Kochsalzlösung und verfährt im Uebrigen ebenso. — Chlorbariumlösung soll dem Kochsalz vorzuziehen sein. — Nach Hunt tränkt man das Papier zuerst mit einer Lösung von 1 Jodkalium in 48 Wasser, dann mit einer Lösung von 1 salpeters. Silber in 58 Wasser. —

§. 37. *Photographie.* — Daguerre in Frankreich, Talbot in England, 1839. — Das Material, auf welchem die Lichtbilder dargestellt werden, ist eine mit einer dünnen Silberschicht überzogene Kupferplatte. Die wohl polirte Platte wird mit einer höchst dünnen Jodschicht überzogen und dann in die camera obscura gebracht. Statt des Jods bedient man sich des Chlorjods und anderer ähnlicher Präparate. Nach der Einwirkung des aufzunehmenden Gegenstandes wird die Platte über Quecksilberdampf gehalten, wodurch erst das Bild hervortritt. Durch Waschen der Platte mit einer Lösung des unterschwefligsauren Natrons wird das unveränderte Jodsilber aufgelöst, und die Platte kann nun ohne Nachtheil in das Tageslicht gebracht werden, während bis dahin dasselbe sorgfältig abgehalten wurde. Um deutlichere Schattirungen zu erhalten, verbreitet man nach Fizeau auf der Platte eine Auflösung von 1 Chlorgold und 3 unterschwefligsaurem Natron in 1000 Wasser. *Moser's unsichtbares und latentes Licht.* —

§. 38. *Tithonometer* hat Draper ein Instrument genannt, welches bestimmt ist, die Stärke der chemischen Kraft in einem Licht zu messen. Es gründet sich auf die Eigenschaft des Lichts, Chlorgas und Wasserstoffgas zu Salzsäuregas zu vereinigen.

## Wärme.

§. 39. *Vorbemerkung.* Zur Erklärung der Wärmephänomene gelten ähnliche Hypothesen, wie solche zur Erklärung der Lichtphänomene aufgestellt sind; Undulations- und Emissionshypothese. Die Emissionshypothese nimmt, wie beim Licht, den Ausfluss kleinster Theilchen aus dem erwärmenden Körper an, spricht daher auch von einem *Wärmestoff*, und schreibt diesem Eigenschaften zu, wie sie gerade für das zu erklärende Phänomen geeignet sind. Die Wärme pflanzt sich durch *Strahlung* ähnlich wie das Licht fort, und die Wärmestrahlen folgen im Allgemeinen den Gesetzen der Reflexion, der Brechung, der Polarisation u. s. w. des Lichts. Melloni hat vorzugsweise und zwar mit Hülfe des von ihm entdeckten Thermomultiplicators, die nähern Verhältnisse der Wärmestrahlung entdeckt. Das genannte Instrument ist sehr geeignet die schwächsten Temperaturänderungen wahrzunehmen, und dem durch Rumford und Leslie (1804) eingeführten *Differentialthermometer* vorzuziehen.

Die Wärmestrahlen bewegen sich geradlinig; Körper, welche diese Strahlen aufhalten, also den undurchsichtigen Körpern entsprechen, heissen „*atherman*", und „*diatherman*" werden die Stoffe genannt, welche die Wärmestrahlen durchlassen. Obgleich das durchsichtige Steinsalz die diathermanste Substanz ist, so darf hieraus nicht gefolgert werden, dass die Durchwärmigkeit zur Durchsichtigkeit in irgend einer Beziehung steht. Wärmestrahlen, verschiedenen Wärmequellen entströmend, zeigen ähnliche Verschiedenheiten, wie die verschiedenen farbigen Lichtstrahlen; diese Beobachtung wird uns dadurch bemerkbar, dass bei allen untersuchten Körpern, mit Ausnahme des Steinsalzes, die Quantität der durchgegangenen Wärmestrahlen von

der Wärmequelle abhängig ist. Zu Folge dieser Erfahrung glaubt man ein dem Farbenspectrum entsprechendes eigenthümliches Wärmespectrum annehmen zu dürfen. Auf das Ausstrahlungsvermögen der Körper hat die Beschaffenheit ihrer Oberfläche grossen Einfluss. Im Allgemeinen strahlen polirte Oberflächen schwieriger die Wärme aus, als rauhe. Bei der *Reflexion* der Wärmestrahlen zeigt es sich, dass je polirter die Oberfläche eines Körpers ist und je weniger er von den nicht hindurchgehenden Strahlen absorbirt, sein Reflexionsvermögen desto bedeutender ist. Diese Verhältnisse finden sich besonders günstig bei polirten Metallflächen, daher die Anwendung der metallischen Brennspiegel.

## Physische Veränderung der Körper durch Wärme.

§. 40. Es ist in den frühern Kapiteln der Einfluss der Temperaturverhältnisse auf die electrischen und magnetischen Veränderungen und auch auf die Licht- und Farbenverhältnisse der Körper erwähnt worden. Die Wärme selbst äussert sich an ein und demselben Körper in verschiedenem Grade, welcher von der Wärmeleitungsfähigkeit des Körpers und seiner Umgebung abhängig ist. Mit Aenderung der Temperatur tritt entweder eine Volumveränderung, oder es tritt ein anderer Aggregatzustand des Körpers ein. Endlich zeigt sich das interessante Verhältniss, dass die Quantität der Wärme, welche nöthig ist um gleichtemperirte Körper bis auf einen bestimmten gleichen Grad zu erwärmen, eine sehr verschiedene ist. Zur Vergleichung verschiedener Temperaturen dienen:

§. 41. *Die Thermometer;* zur Messung sehr hoher Temperaturen werden sie *Pyrometer* genannt. — Indem man die Intensität der Wärme der Ausdehnung der Körper proportional setzt, erhält man ein Mittel, die erstere zu messen. Das Thermometer soll durch

Galiläi 1597 erfunden sein. — Luft-, Weingeist-, Quecksilberthermometer. Réaumur und Celsius bezeichnen den Schmelzpunkt des Eises mit 0°, Ersterer bezeichnet den Siedepunkt des Wassers mit 80°, Letzterer aber mit 100°; daher die Réaumur'sche (auch de Luc'sche) oder *Octogesimalscala* und die Celsius'sche oder *Centesimalscala*. Zu der in England sehr allgemeinen Thermometerscala von Fahrenheit ist ein künstlicher Kältegrad zum Nullpunkt der Eintheilung gewählt; der Thaupunkt der vorerwähnten Scalen fällt mit dem + 32° F. zusammen. Der Siedepunkt des Wassers ist mit 212° bezeichnet, so dass also vom Schmelzpunkt des Eises (+ 32° F.) bis zum Siedepunkt des Wassers 180 Grade angemerkt sind. — Das von Rutherford erfundene Doppelthermometer oder *Thermometograph*, besteht aus einem Weingeist- und einem Quecksilberthermometer. — Das Differentialthermometer wird auch nach seinem vielfachen Gebrauch ein Hygrometer und Photometer genannt. — Unter den Metallthermometern zeichnet sich ganz besonders das von Breguet construirte aus. — Melloni's *Thermomultiplicator* besteht aus einer thermoelectrischen Säule (§. 4.) und aus einem sehr empfindlichen Multiplicator, welcher auf eine Magnetnadel wirkt; der Apparat dient zu den feinsten thermischen Versuchen. Das gebräuchlichste *Pyrometer* ist von Wedgwood, bestehend aus Thonkugeln, welche in der Hitze kleiner, und dann zwischen zwei convergirenden graduirten Linealen gemessen werden; der erste Grad soll 598° C. und jeder einzelne Grad 72° C. entsprechen. — Daniell's Metallpyrometer besteht aus einer Stange von Silber oder Platin. Prinsep bestimmt die Temperatur nach der Schmelzbarkeit von Legirungen aus Silber und Gold, oder Gold und Platin; Pouillet's thermomagnetisches Pyrometer. Die höchste Temperatur,

welche bis jetzt hervorgebracht ist, entsteht durch die Electricität; nächstdem kann durch gute Brennspiegel eine Temperatur erzeugt werden, welche Gold verflüchtigt. Die zunächst höchsten Wärmegrade werden durch Verbrennung von Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas hervorgebracht.

§. 42. *Künstliche Kälte.* Verhältnissmässig sind die Kältegrade, welche wir künstlich erzeugen, unbedeutend gegen die Wärmegrade, welche wir zu erzeugen vermögen. Schnelle Verflüssigung eines festen, oder Verdampfung eines flüssigen Stoffes, ohne Hülfe äusserer Wärme, sind die bekanntesten Mittel schnell eine Abnahme der Temperatur zu veranlassen. — Die mit $^1/_4$ Gewichtsthl. verdünnte und dann auf 0° abgekühlte Schwefelsäure giebt beim Vermischen mit dem 3fachen Gewicht Schnee eine Kälte von c. — 32°. — 5 Thl. Salmiak gemengt mit 5 Thl. Salpeter zum feinsten Pulver erzeugt beim Auflösen in 16 Thl. kalten Brunnenwassers — 12°; ebenso 10 Salpeter, 3 Salmiak, 57 Chlorkalium mit dem 4fachen Gewicht Wasser. — 9 Thl. feingeriebenes krystallisirtes phosphorsaures Natron in 4 Thl. Scheidewasser erzeugt c. — 24°. — Wasserhaltiges (also nicht geschmolzenes!) Chlorcalcium und Schnee. — 1 Pfund Schwefelcyankalium in 1 Pfund Wasser bringt eine Veränderung von + 18° C. auf — 21° C. hervor; bei Anwendung von Schnee ist die Gefrierung des Quecksilbers hiermit leicht zu bewirken. — Kälte beim Verdunsten von Aether, Schwefelalkohol, der schwefligen Säure, der flüssigen Kohlensäure u. s. w. Wollaston's *Kryophorus* (Eisträger). — Die niedrigste Temperatur, welche bis jetzt erhalten, besteht darin, dass man gleiche Theile wasserfreien Aether von 0° und feste Kohlensäure vermischt; die Mischung verdunstet rasch, und nach

Pouillet *entsteht eine Kälte von* c. 96°. Natterer empfiehlt statt der Kohlensäure das von ihm zuerst (1844) verflüssigte Stickstoffoxydul.

Folgende interessante Temperaturen sollen noch erwähnt werden:

— 51° Grösste von Ross beobachtete natürliche Kälte.
— 44° Gefrierpunkt des Aethers.
— 40° Gefrierpunkt des Quecksilbers.
0° Schmelzpunkt des Eises.
+ 10° Mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche.
+ 37° Wärme des Menschenbluts.
+ 100° Siedepunkt des Wassers.
+ 1915 Schmelzpunkt des Eisens nach Daniell.
(S. auch §. 45. Schmelzung).

§. 43. *Wärmeleitung.* Absolute Nichtleiter (Wärme-Isolatoren) giebt es nicht; *schlechte Leiter* sind Haare, Wolle, Federn, die Luft, Holz, Holzkohle, Eis, Wasser, die Metalloide u. s. w.; zu den *besten Leitern* gehören die Metalle, unter denen nach Despretz Gold die erste Stelle einnimmt; dann folgen Silber, Kupfer, Platin, Eisen, Zink, Zinn, Blei.

Nach Fourier's Annahme besteht die Wärmeleitung in einer Strahlung der Wärme von einem Atom zum andern. In Flüssigkeiten wird die Wärme durch Strömung der erwärmten Theilchen scheinbar schneller als in manchen bessern Leitern fortgeleitet; dasselbe findet bei den Gasen statt, welche ohne Strömung die besten Nichtleiter sein würden.

§. 44. *Ausdehnung.* Mit Aenderung der Temperaturverhältnisse, ändert sich das Volumen eines Körpers. Im Allgemeinen veranlasst Steigerung der Wärme eine Vergrösserung, Verminderung der Wärme aber eine Verkleinerung des Volums. Einige Körper, z. B. Wasser, geschmolzenes Wismuth, auch Eisen,

Schwefel u. a. dehnen sich beim Erstarren, also bei Temperaturverminderung, aus, allein diese Eigenthümlichkeit ist Folge der Krystallisation.

*Die lineare Ausdehnung fester Körper* ist bei verschiedenen Körpern sehr verschieden, und der Zunahme der Temperatur um so mehr proportional, je entfernter die Temperatur vom Schmelzpunkte des Körpers liegt; über 100° wird dieselbe nicht selten sehr unregelmässig. Der *Ausdehnungscoëfficient* eines Körpers wird durch eine Zahl ausgedrückt, welche angiebt, um wie viel ein Körper bei der Erwärmung von 0° — 100° in seiner Länge ausgedehnt worden ist. Der Ausdehnungscoëfficient für die körperliche Ausdehnung (Ausdehnung nach allen Dimensionen) fester Körper ist dreimal so gross als der lineare Ausdehnungscoëfficient. — Unter den gebräuchlichsten Metallen dehnt sich Zink am stärksten (um $\frac{1}{340}$) aus, dann folgt Blei, Zinn, Silber ($\frac{1}{430}$), Kupfer, Gold, Wismuth, Eisen ($\frac{1}{546}$), Antimon, Platin ($\frac{1}{1131}$); die lineare Ausdehnung des Glases ist c. $\frac{1}{1200}$. — Auf linearer Ausdehnung fester Metalle beruht die Construction des Thermometers von Breguet; bei dem *Compensationspendel* ist der nachtheilige Einfluss der Ausdehnung vermieden. —

Mitscherlich machte die höchst wichtige Entdeckung, dass alle Krystalle, welche nicht zum tesseralen System gehören, eine ungleiche Ausdehnung in der Richtung ihrer Axen zeigen. Sehr ausgezeichnet beobachtet man dieses Phänomen am Kalkspathrhomboëder.

*Die Ausdehnung der Flüssigkeiten* ist selten für jeden Grad zwischen 0° — 100° constant. Bis zur Erwärmung auf 100° hat sich das Wasser um 0,0466 seines Volums bei 0° ausgedehnt, fettes Oel um c. 0,08, Weingeist um 0,11 u. s. w. — *Das Wasser hat seine*

grössten Dichtigkeit bei + [illegible]. — Die Ausdehnung des Quecksilbers beträgt für jeden Grad zwischen 0° und 100° [illegible] (Dulong und Petit).

Luftförmige Körper werden durch die Wärme am stärksten ausgedehnt. Die genauesten Versuche haben gezeigt, dass der Ausdehnungscoëfficient, für alle Gase nahe derselbe, dass sie alle sich stets der Zunahme der Temperatur proportional ausdehnen.

Gay-Lussac, welcher die ersten genauen Versuche hierüber anstellte, gab den Ausdehnungscoëfficienten (Dilatationscoëfficient) aller trockenen Gase zu 0,375 an; nach Rudberg beträgt derselbe 0,365. — Magnus, Regnault.

Wir nehmen an, dass durch Ausdehnung die Entfernung zwischen den kleinsten Theilchen eines Körpers vergrössert, dass zwischen diesen durch die Wärme eine Repulsion (Schwächung der Cohäsion) bewirkt werde. Eine solche Repulsion übt denn auch die Wärme zwischen ungleichartigen Körpern aus, indem sie die Adhäsion vermindert. Der bekannte sogenannte *Leidenfrost'sche Versuch* gehört hierher, und ebenso Fresnel's Versuch, nach welchem leichte, höchst beweglich aufgehangene Körper sich durch blosse Erwärmung abstossen.

§. 45. *Der Aggregatzustand abhängig von der Wärme.* Die Art, wie die kleinsten Theile der Körper mit einander verbunden sind, bestimmt ihren Aggregatzustand. Die Materie ist fest, tropfbarflüssig (schlechthin flüssig), oder elastischflüssig (gasig). Es ist wahrscheinlich, dass jeder Körper jede der genannten Formen anzunehmen vermag. —

*Latente Wärme.* Wird der Aggregatzustand eines Körpers geändert, so zeigt sich dabei stets eine Aenderung im Wärmezustande des Körpers. Black

(1763), welcher zuerst die hierher gehörenden Erscheinungen studirte, sagte, es verschwinde beim Uebergange eines festen Körpers in den flüssigen Zustand eine Quantität Wärme, welche dazu gebraucht wird, die Aenderung des Aggregatzustandes zu bewirken und zu unterhalten; er nannte diese Wärme *latente* oder *gebundene* Wärme. Es wird diese Wärme wieder frei, wenn der flüssige Körper wieder fest wird. — So ist eine bedeutende Menge Wärme nöthig, um Eis oder Schnee von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, und diese erforderlich gewesene, *gebundene* Wärme, ist für das Gefühl und für das Thermometer gleichsam verschwunden. Mit Berücksichtigung dieser latenten Wärme kann man sagen, dass ein flüssiger Körper die Verbindung eines festen Körpers mit Wärmestoff ist. Bei Abwesenheit der Wärme würden alle Körper fest sein.

Jeder feste Körper hat seinen bestimmten unveränderlichen *Schmelzpunkt* (Thaupunkt), jede Flüssigkeit ihren constanten *Erstarrungspunkt*, und ihren *Siedepunkt*, und endlich besitzt jedes Gas einen bestimmten *Condensationspunkt*.

*Schmelzung* und *Erstarrung*. Im Allgemeinen fällt der Schmelzpunkt mit dem Erstarrungspunkt eines Körpers zusammen, doch zeigen sich zuweilen Abweichungen. Bei isomeren Stoffen variiren nicht selten die Schmelzpunkte. Sehr langsame Erstarrung flüssiger Körper ist für die Krystallisation höchst günstig — Krystallbildung durch Schmelzung. Schnelle Abkühlung erzeugt nicht selten, selbst bei gut krystallisirenden Körpern Amorphie; Schwefel u. v. a. K.

Es schmilzt der Schwefel bei + 109° C., Phosphor bei 45°, Weingeist bei — 90° u. s. w. Unter den Metallen schmelzen äusserst schwer: Platina (im Knallgasgebläse), Kobalt, Nickel, Schmiedeeisen; Gold bei 1250°, Gusseisen bei 1200°, Kupfer bei 1091°,

Silber bei 1000°, Antimon bei 432°, Zink bei 360°, Blei bei 334°, Wismuth bei 256°, Zinn bei 230°, Natrium bei 90°, Kalium bei 58°. — Bei einigen Körpern findet vor der Schmelzung ein Weichwerden statt; diese Eigenschaft besitzen z. B. Eisen und Platin (*Schweissbarkeit dieser Metalle*). — Viele Körper haben noch gar nicht geschmolzen werden können z. B. der Kohlenstoff. — Der Schmelzpunkt chemischer Verbindungen steht in gar keinem Verhältniss zum Schmelzpunkt der einzelnen Bestandtheile. Häufig werden sie vor der Schmelzung zerlegt, doch hat Hall gezeigt, dass diese Zersetzung vermieden werden kann, wenn man sie während des Erhitzens unter einem sehr starken Drucke erhält. Hall hat auf diese Weise Marmor, d. i. kohlensaurer Kalk, und mehrere vulkanische Substanzen geschmolzen, ohne dass Zersetzung eintrat. — Organische Körper erleiden unter Einwirkung der Wärme meist eine chemische Zersetzung, ehe sie schmelzen — sie verkohlen.

*Verdunstung.* Körper, welche schon wenige Grade über 0° elastisch flüssig werden, nennt man im Allgemeinen flüchtige Körper. — Gewöhnlicher Aether siedet bei + 36°, Alkohol bei + 78°, Wasser bei + 100°, Schwefelsäure bei + 326°, Quecksilber bei + 365° u. s. w. Unter den Metallen verflüchtigen sich einige in sehr gesteigerter Temperatur, z. B. Zink, Cadmium, Antimon; Quecksilber verflüchtigt sich schon bei jeder Temperatur über 0°. — *Feuerbeständig* nennt man die Körper, welche noch nicht verflüchtigt werden konnten.

Der *Siedepunkt* ist für ein und denselben Körper nicht constant, sondern er verändert sich mit dem Luftdruck. Je höher der Druck, desto höher der Siedepunkt, und umgekehrt. Die Verdunstung im luftverdünnten Raume findet in der Chemie häufig Anwendung. —

*Codensation.* Durch Verminderung der Temperatur werden viele Gase zu Flüssigkeiten verdichtet — *coërcibele* Gase —, andere konnten bisher noch nicht in die flüssige Form übergeführt werden — *incoërcibele, permanente Gase.* — Zu letztern gehören das Sauerstoff-, Wasserstoff-, Stickstoffgas. Diese Gase, von welchen Perkins angiebt, dass sie bei einem Druck von 1200 Atmosphären tropfförmig condensirt würden, ändern ihr Volumen nach dem bekannten Mariotte'schen Gesetz. In der Chemie benutzt man zur Condensation coërcibeler Gase sehr häufig den eigenen Druck des Gases; Faraday 1825.

*Dunst* oder *Dampf* nennt man die elastischflüssigen Körper, welchen unter der gewöhnlichen Lufttemperatur allgemeiner die flüssige Form zukömmt; Nebel, Nebelbläschen. — Destillation.

§. 46. *Wärmecapacität und specifische Wärme.* Verschiedenartige Körper von *demselben* Gewichte erfordern eine ungleiche Menge von Wärme, wenn ihre Temperatur um dieselbe Grösse steigen soll. Die Wärmemenge, welche ein Körper von der Masse = 1 gebraucht, um eine Temperaturerhöhung von 1° zu erleiden, heisst seine *specifische Wärme,* und das Vermögen diese aufzunehmen, seine *Wärmecapacität.* Die Wärmecapacität des Wassers gilt gewöhnlich als Einheit. Von allen festen und flüssigen Körpern hat das Wasser die grösste Wärmecapacität; ein Pfund Wasser gebraucht 30 mal mehr Wärme als ein Pfund Quecksilber, um auf eine gleiche Temperatur gebracht zu werden, und man sagt daher, wenn die Wärmecapacität des Wassers als Einheit = 1000 gilt, die specifische Wärme des Quecksilbers sei gleich $\frac{1000}{30} = 33,3$.

Die specifische Wärme multiplicirt mit dem specifischen Gewichte desselben Körpers, giebt *die relative*

*Wärme* eines Körpers; beim Quecksilber würde dieselbe sein = 33,3 × 13,5 = 449. Natürlich giebt dann auch die relative Wärme dividirt durch das specifische Gewicht, die specifische Wärme.

Das von Dulong und Petit erkannte Verhältniss, welches zwischen der specifischen Wärme und dem Atomgewicht der festen Grundstoffe besteht, s. Stöchiometrie. Durch Dulong ist ermittelt, und von de la Rive und Marcet bestätigt worden, dass die incoërcibelen einfachen Gase verglichen unter gleichem Volumen und Druck, gleiche specifische Wärme haben.

*Calorimeter.* Lavoisier und Laplace (1780) bestimmten die specifische Wärme der Körper dadurch, dass sie dieselben bis zu einer gegebenen Temperatur erhitzten und die Menge von Eis bestimmten, welche hierdurch geschmolzen wurde. Das von ihnen zu diesen Versuchen construirte Instrument, nannten sie *Calorimeter.* Die *Calorimetrie* lehrt die Mittel kennen, Wärme*quantitäten* zu vergleichen. — Genauer als die Lavoisier'sche Methode, ist die sogenannte *Mischungsmethode*, nach welcher Pouillet und Regnault die Wärmecapacität vieler Körper bestimmt haben. Eine gewogene Menge des zu untersuchenden Körpers wird bis auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und dann in ein Gefäss mit Wasser getaucht, dessen Temperatur durch Abkühlung jenes Körpers erhöht wird; ist die Quantität des Kühlwassers bekannt, und ist die Temperaturerhöhung desselben, entstanden durch die Abkühlung des eingetauchten Körpers, ermittelt, so lässt sich die specifische Wärme des letztern berechnen. — Mayer wählte das Ausstrahlungsvermögen zur Bestimmung der Wärmecapacität, indem er solche nach der Zeit der Erkaltung berechnete. Dulong und Petit haben nach dieser Methode gearbeitet. —

## Quellen der Wärme.

§. 47. Die beträchtlichsten Wärmeentwicklungen werden in der Regel von Lichterscheinungen begleitet. Die starke Wärme, welche dann entwickelt wird, wenn sich die beiden Electricitäten vereinigen, ist §. 10, die Wärme, welche bei Aenderung des Aggregatzustandes der Körper auftritt, ist §. 45 erwähnt worden. Es dürfte an dieser Stelle nur noch zu besprechen sein

*Der chemische Prozess als Wärmequelle.* Da gegenwärtig aber die chemischen Actionen als Folge electrischer Erregungen betrachtet werden, so haben wir bereits auch damit die Ansicht aufgestellt, dass Wärme und Licht bei dem chemischen Prozess electrische Wärme und electrisches Licht ist. S. §. 5. 10. 20. — Diese electrochemische Hypothese aber ist rein speculativ, und andere Hypothesen, welche das Auftreten der Wärme bei chemischen Prozessen, besonders bei dem gewöhnlichen Verbrennungsprozess erklären sollten, sind unzureichend. Lavoisier, welcher die Ursache der in der Atmosphäre stattfindenden Verbrennungen erkannte, erblickte den Ursprung der Wärme (und des Lichts) in dem vom Sauerstoff abgeschiedenen Wärmestoff; seine Ansicht, dass die *latente* Wärme (§. 45) der Gase frei werde und zu der beobachteten Temperaturerhöhung Anlass gebe, wenn diese Körper eine feste oder flüssige Verbindung eingehen, erwies sich in vielen Fällen unhaltbar, da nicht selten Wärmeentwicklung ohne *Verminderung* des Volums stattfindet. Nach Lavoisier's Annahmen müsste z. B. beim Verbrennen des Kohlenstoffs Kälte entstehen. — Man schrieb daher die entwickelte Wärme dem Umstande zu, dass die *Wärmecapacität* (§. 46) der in Wirksamkeit getretenen Stoffe grösser sei, als die der entstandenen Verbindung. Allein hiergegen streiten ebenfalls viele Thatsachen, und es ist mit

dieser Annahme z. B. die Wärme nicht zu erklären, welche beim Verpuffen des Knallgases entsteht; es verbindet sich nämlich 1 Pfund Wasserstoffgass von 3,293 spec. Wärme mit 8 Pfund Sauerstoffgas von 0,236 spec. Wärme unter der heftigsten Wärmeentwicklung zu 9 Pfund Wasser von 1,000 spec. Wärme, während nach der Rechnung $\left(\frac{3,293 + 0,236 \cdot 8}{9}\right)$ die spec. Wärme des Wassers gleich 0,576 sein müsste. —

Die Wärme, welche bei Verbrennungen frei wird, kann durch die *Calorimeter* (§. 46) gemessen werden. Nach Despretz werden folgende Wassermengen von 0° — 100° erhitzt beim Verbrennen von 1 Pfd. Brennmaterial:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 78 | Pfd. Wasser | durch | 1 | Pfd. | reine Kohle |
| 75 | „ „ | „ | 1 | „ | Holzkohle |
| 60 | „ „ | „ | 1 | „ | fette Steinkohle |
| 27 | „ „ | „ | 1 | „ | Holz, welches 20 Proc. Feuchtigkeit enthält |
| 90-95 | „ „ | „ | 1 | „ | Baumöl, Wachs u. ähnl. Stoffe |
| 236,4 | „ „ | „ | 1 | „ | Wasserstoffgas. |

Andere Versuche haben es wahrscheinlich gemacht, dass die Menge der entwickelten Wärme im Verhältniss mit dem consumirten Sauerstoff steht, denn die Wärmemenge ist bei der Verbrennung mehrerer Körper in 1 Pfd. Sauerstoff gleich gross, so wird Wasser von 0—100° C. erwärmt durch 1 Pfd. Sauerstoff bei seiner Vereinigung mit Wasserstoff oder Kohlenstoff.

§. 48. *Quelle der thierischen Wärme* ist die Stoffumwandlung im thierischen Körper, und da diese Umwandlung nach chemischen Gesetzen erfolgt, so ist der chemische Prozess Grund der thierischen Wärme. Die Aufnahme des Sauerstoffgases durch die Lungen und die Consumtion desselben im Blute ist die vorzüglichste Wärmequelle; in Folge des Oxydationsakts,

welcher im venösen Blute stattfindet, und den wir durch die ausgeathmeten Produkte (Kohlensäure und Wasser) erkennen, entsteht in derselben Weise Wärme, wie bei dem Verbrennen von Wasserstoffgas und Kohlenstoff in der Atmosphäre. — „In welcher Form sich auch der Kohlenstoff mit Sauerstoff verbinden mag, der Akt der Verbindung kann nicht vor sich gehen, ohne von Entwicklung von Wärme begleitet zu sein, gleichgültig, ob sie langsam oder rasch erfolgt, ob sie in höherer oder niederer Temperatur vor sich geht, stets bleibt die freigewordene Wärmemenge eine unveränderliche Grösse." Liebig.

## Chemischer Einfluss der Wärme.

§. 49. Dass durch Einwirkung der Wärme Stoffe chemisch vereinigt, andererseits Verbindungen zersetzt werden, ist längst bekannt; ja die Alchemisten überschätzten den Einfluss der Wärme (des Feuers), und sie dachten sich ihre Macht unbegrenzt. Stahl beobachtete, dass die chemische Wechselwirkung der Stoffe bei niederer Temperatur manchmal gerade der bei höhern Wärmegraden entgegengesetzt sei, und Baumé (1773) schlug deshalb vor, die Verwandtschaftsreihe (§. 57) auf nassem (kaltem) Wege von der auf trocknem (heissem) Wege zu unterscheiden, worauf denn auch Bergmann bei Bearbeitung der Verwandtschaftstabellen Rücksicht nahm.

§. 50. *Corpora non agunt nisi fluida* (soluta). Körper, welche sich chemisch verbinden sollen, müssen sich innigst berühren; daher sind feste Körper zu verflüssigen, und wenigstens muss der eine der sich verbindenden Stoffe flüssig sein. Diese Flüssigmachung geschieht entweder durch Auflösung (Solutio via humida) oder durch Schmelzung (Solutio via sicca, Confusio). Zuweilen führt indessen schon ein sehr inniges

Vermengen der fein gepulverten Körper die chemische Action herbei.

§. 51. Bei günstigster Berührung ist indessen häufig doch noch eine Temperaturerhöhung nöthig, wenn die Vereinigung stattfinden soll; ja diese erforderliche Wärme schwächt sogar in manchen Fällen *die Berührung*, und sie wirkt dann durchaus nicht als ein Flüssigkeitsprincip, sondern für uns ebenso unerklärlich, wie das Licht u. s. w. Obgleich chemische Vereinigung sehr oft bei der gewöhnlichen Lufttemperatur, und auch bei Verminderung derselben erfolgt, so kann doch im Allgemeinen behauptet werden, dass Temperatur*erhöhung* der chemischen Einigung günstig ist. So oxydirt (rostet) Eisen in höherer Temperatur viel lebhafter, als in gewöhnlicher; Zink, Antimon, Blei u. v. a. Metalle verhalten sich ebenso. Das *Anzünden* unserer gebräuchlichen Leucht- und Brennmaterialien ist ein zur Einleitung des Verbrennens nothwendiges Vorerwärmen; ist der chemische Prozess des Verbrennens eingeleitet, so wird durch die Verbrennung selbst derjenige Wärmegrad erzeugt, der auf die zunächst liegenden Theile anzündend wirken kann, und die Verbrennung setzt sich fort. Schnelle *Abkühlung* z. B. durch einen kalten Luftstrom (Ausblasen), vermindert die zur Verbrennung erforderliche Temperatur und die Verbrennung hört auf (Auslöschen).

Geschmolzener Schwefel vereinigt sich nicht mit Kohle; er muss in Dampfgestalt mit der *glühenden* Kohle in Berührung kommen. Ein Gemenge von Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas und andern brennbaren Gasen verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht, es tritt aber in der Glühhitze sogleich Vereinigung ein. U. s. w. u. s. w.

Wir können aber auch Verbindungen durch die Wärme decomponiren. Viele Verbindungen erhalten sich

in den höchsten Temperaturen unzersetzt, andere werden theilweise, andere vollständig zerlegt. — Die Hyperoxyde der sogenannten unedlen Metalle geben beim Erhitzen ein basisches Oxyd und Sauerstoff; das saure kohlensaure Kali giebt neutrales Salz und Kohlensäure. Quecksilberoxyd und die Oxyde der andern sogenannten edlen Metalle geben Metall und Sauerstoff.

Verbindungen, welche in bestimmter höherer Temperatur entstanden, werden nicht selten in noch mehr gesteigerter Hitze zerlegt, und es richtet sich also der chemische Act häufig nach dem Wärme*grade*. — Quecksilber lässt sich in der Wärme direkt mit Sauerstoff vereinigen (Mercurius praecipitatus ruber), gesteigerte Wärme zerlegt das Oxyd. Mennige bildet sich beim Erhitzen des basischen Bleioxyds an der Luft, höhere Temperatur zerlegt die Mennige. Kalium zersetzt in der Rothglühhitze das Eisenoxyd zu Eisen unter Entstehung von Kali, und in der Weissglühhitze wird Kali durch metallisches Eisen zerlegt. Phosphorsaures Kali wird bei gewöhnlicher Temperatur durch Schwefelsäure, schwefelsaures Kali aber wird beim Glühen mit Phosphorsäure zerlegt. In einer Auflösung von Chlornatrium (Kochsalz) und schwefelsaurer Magnesia (Bittersalz) entsteht bei 0° und darunter wasserhaltiges schwefelsaures Natron (Glaubersalz) und Chlormagnesium, über 50° scheidet sich wasserfreies schwefelsaures Natron ab, und bei gewöhnlicher Temperatur lassen sich durch Krystallisation die ursprünglich gelösten Salze unverändert gewinnen. Aehnlich verhält sich die Lösung von schwefelsaurem Natron und Chlorkalium. — Wie die Erklärung solcher Verhältnisse versucht wird, ist §. 60 angegeben.

---

## Verwandtschaftslehre.

§. 52. Dem Vermögen der Körper, *chemisch* sich zu vereinigen und in dieser Verbindung zu beharren, legt man eine Kraft zu Grunde, die *Verwandtschafts-* oder *Affinitätskraft*. Bei allen wirklich *chemischen* Prozessen äussert sich diese Kraft. Um die chemische Natur eines Körpers kennen zu lernen, erforschen wir, in welcher Weise derselbe den allgemeinen Gesetzen der Affinität folgt.

Alles Körperliche ist entweder *chemisch unzerlegbar*, oder wir vermögen eine *chemische Trennung*, eine *Analyse*, mit demselben vorzunehmen; der Körper ist entweder einer der *Elementarstoffe*, oder eine *Verbindung* derselben.

### Elemente.

*Chemische Elemente*, *Grund-* oder *Urstoffe*, *relativ einfache Körper*.

§. 53. Das Wort „Urprincip, Element" wird von den ältern *Philosophen* in einem rein metaphysischen Sinne gebraucht. — Thales (600 v. Chr.) betrachtet das Wasser, Anaximenes (560 v. Chr.) die Luft, Heraklit (500 v. Chr.) das Feuer als Urprincip des Universums. Die Lehre des Aristoteles, nach welchem Feuer, Wasser, Luft und Erde die Elemente des Weltalls sind, hatte Geltung bei den Philosophen und Physikern bis in das 17. Jahrhundert. Aristoteles betrachtete seine Elemente nicht als Stoffe, aus welchen alle Materie gebildet ist, sondern er wollte damit nur Zustände der Körper bezeichnen.

Dagegen sind die Elementarbestandtheile der *Alchemisten* bis zum 17. Jhrhd. wirklich der Materie inne-

wohnende Urstoffe. Nach Geber (8. Jhrhd.), Raymund Lull, Arnold v. Villanova sind alle Metalle aus Schwefel und Merkur zusammengesetzt, und das Vorwalten des einen oder des andern Urstoffs bedingt die Verschiedenheit der Metalle. Albertus Magnus (13. Jhrhd.) nimmt Schwefel, Arsen und Wasser, Basilius Valentinus (15. Jhrhd.) aber Schwefel, Merkur und Salz als Grundlage der Metalle an; nach Paracelsus (16. Jhrhd.) ist alles Geschaffene, Organisches und Unorganisches, hervorgegangen aus der Vereinigung von Merkur, Schwefel und Salz. Sulfur, Mercurius, Arsenicum und Sal der Alchemisten sind indessen nicht unserm heutigen Schwefel, Quecksilber, Arsenik und Kochsalz gleich zu stellen.

Boyle (1660) ist der Erste, welcher mit „*mista prima*" nicht absolute Urstoffe, sondern damit Körper bezeichnet, die mit Hülfe der Kunst aus chemischen Stoffen wohl darstellbar, dann aber, wegen Unvollkommenheit des chemischen Wissens, *vorläufig* nicht weiter zerlegbar sind. Unsere gegenwärtigen Elemente würden seine mista prima sein. Seit Stahl (18. Jhrhd.) steht in der praktischen Chemie der Begriff von chemimischem Element, kurzhin Element, in dem Boyle'schen Sinne fest, und seit ihm hat sich nur die Zahl der Elemente geändert.

Durch die Entdeckung des Sauerstoffs (1774) führte die Lavoisier'sche (antiphlogistische) Schule den Beweis, dass die Elemente der Stahl'schen (phlogistischen) Lehre zusammengesetzte Körper waren. Durch die Anwendung des Galvanismus wurde die Zusammensetzung von Körpern erkannt, die man bis dahin für Elemente hielt, und bis in die neueste Zeit hat sich durch die Fortschritte der analytischen Chemie die Zahl der Elemente vermehrt.

§. 54. Die gegenwärtigen (60?) Elemente sind:

a) *Metalloide*, auch *Ametalle.* Mit Einschluss des Selen, Tellur, Antimon und Arsen, welche von Einigen den Metallen beigezählt werden, 16 Elementarstoffe, von welchen Arsen (o-o), Antimon (♁), Schwefel (🜍) längst, Phosphor (🜍) seit 1660 bekannt ist; ferner, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor und Tellur seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt; Bor 1809, Jod 1811, Selen 1817, Silicium 1824, Brom 1826 entdeckt, und Fluor, dessen Isolirung noch nicht gelungen ist. — Existenz eines neuen Körpers, Ozon, durch Schönbein vermuthet. — Chlor ist seit 1808 zu den Elementen gestellt, früher hielt man dasselbe für oxidirte Salzsäure. Mit dem Namen *Oxigenoide* oder *Chloroide* bezeichnen Einige eine kleinere Gruppe, gebildet durch Sauerst., Chlor, Jod, Brom, Schwefel, Selen; dagegen heissen dann *eigentliche Metalloide:* Wasserst., Stickst., Kohlenst., Bor, Kiesel, Phosphor. —

b) *Metalle.* Von den 44 Körpern dieser Abtheilung sind längst bekannt: Gold (☉), Silber (☽), Quecksilber (☿), Eisen (♂), Kupfer (♀), Blei (♄), Zinn (♃), Wismuth (♉), Zink (ô), Kobalt; seit der Mitte des 18. bis zum Beginn des 19. Jhrhd. wurden entdeckt: Platin (☽☉), Nickel, Mangan, Wolfram, Molybdän, Uran, Titan, Chrom, 1802 Tantal, 1803 Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, auch Cerium, 1807 Kalium, Natrium, Barium, Strontium, Calcium, 1817 Lithium, 1818 Cadmium, 1824 Zirconium. 1828 Aluminium, Beryllium, Yttrium, 1829 Thorium, Magnesium, 1830 Vanadium, 1839 Lanthan und 1840 Didym, 1843 Erbium und Terbium, 1844 ist angezeigt Niobium und 1845 Ruthenium. — Ammonium ein zusammengesetzter, noch nicht isolirter Körper, wird von vielen Chemikern, wegen Isomorphie mit Kalium, zu den Metallen gestellt.

## Verbindungen.

§. 55. Die Zahl der chemischen Verbindungen, welche durch Kunst zu erzeugen, oder welche in der grossen Werkstätte der Natur gebildet sind und hinfort gebildet werden, ist unendlich gross. Können wir auch nicht *jeden* Körper, der eine Verbindung genannt wird, entstehen lassen, so vermögen wir doch ihn zu zersetzen; wir erhalten 2, 3 oder mehrere der genannten Elementarstoffe, deren summarisches Gewicht stets dem Gewicht der ursprünglichen Verbindung gleich sein wird. Die Substanz ist ein binärer, ternäner, quaternäner u. s. w. Körper. — Die physischen und chemischen Eigenschaften einer Verbindung können im Allgemeinen nicht von den Eigenthümlichkeiten ihrer Elementarbestandtheile a priori abgeleitet werden. — Der *wesentlichste* Character einer chemischen Verbindung besteht in einer gesetzmässig quantitativen Zusammensetzung (S. Stöchiometrie).

Zur Erleichterung des chemischen Studiums wird die Gesammtheit der zusammengesetzten Körper in Abtheilungen gebracht. – Organische und unorganische Verbindungen. Die umfangreichsten Klassen der Verbindungen sind:

a) *Säuren.* Organische und unorganische Säuren. — Säuren mit einfachem und zusammengesetztem Radikal. Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren. — Sauerstoff-, Schwefel-, Selen-, Tellur-Säuren und Chlor-, Jod-, Brom-Säuren.

b) *Basen.* Sauerstoff-, Schwefel-, Selen-, Tellur-Basen u. s. w. — Die organischen Basen: *Alkaloide.*

c) *Salze.* Saure Salze, Laugen-, Neutral-, Mittel- und Metallsalze der ältern Chemiker. Sauerstoff- Schwefel- Chlorsalze u. s. w. Haloid- und Amphidsalze. Neutrale, saure und basische Salze. Doppelsalze. Einbasische, zwei- und dreibasische Salze.

d) *Indifferente* und *amphotere* Verbindungen. Die Säuren sind *characterisirt* durch einen Gegensatz zu den Basen, und umgekehrt. Säure und Base vereinigt, geben ein Salz. Indifferente Verbindungen sind weder Säuren noch Basen, oder sie vermögen (amphotere) in gewissen Fällen die Rolle einer Säure, in andern die einer Base zu übernehmen, wie z. B. das Wasser.

## Verwandtschaftskraft und Wahlverwandtschaft.

Die Verwandtschafts- oder Affinitätskraft äussert sich nur bei unmittelbarer Berührung der Körper; sie erzeugt eine *chemische Verbindung.* — Verschiedenheit zwischen Adhäsion, Cohäsion, Gravitation und Affinität.

§. 56. *Ursprung des Wortes.* Die Bezeichnung „*Verwandtschaft*" rührt von der Vorstellung her, dass denjenigen Körpern, welche sich chemisch verbinden, ein gemeinsames, verwandtschaftliches Princip innewohnen müsse. In diesem Sinne spricht Hippocrates, dass sich nur Gleiches mit Gleichem einige, und in derselben Bedeutung wird seit dem 13. Jhrhd. das Wort „*Affinitas*" von chemischen Schriftstellern gebraucht. Körper waren um so verwandter, je mehr das gemeinsame Princip in ihnen vorwaltet. — Boerhave (1732) erblickte in *verwandten* Körpern nicht mehr eine chemische *Aehnlichkeit*, sondern einen chemischen *Gegensatz*, und dieser Gegensatz ruft die Vereinigung der Stoffe hervor. Auch jetzt noch sprechen wir in *diesem* Sinne von verwandten Körpern.

§. 57. *Verwandtschaftstafeln.* Der wissenschaftlichen Behandlung der Affinitätslehre gingen Erfahrungen voraus. Glauber (1650) sprach von dem ungleichen Neigungsvermögen der Körper sich zu verbinden und einander zu zersetzen; Boyle und besonders Stahl

(1700) vermehrten durch gründliche Beobachtungen Glauber's Erfahrungen, und Geoffroy stellte 1718 in Tabellenform (tables des rapports) die bis dahin über diesen Gegenstand gesammelten Thatsachen zusammen. Gleiche Arbeiten folgten 1758 von Limburg, 1777 durch Wenzel u. A. — Bergmann's Tabelle gewann 1775 die meiste und dauerndste Anerkennung; sie enthielt für 59 Stoffe vollständige Tafeln, und zwar für jeden Körper 2 Columnen, nämlich für die Verwandtschaft bei Operationen auf nassem, und auf trocknem Wegen.

§. 58. *Wahlverwandtschaft.* Zum leichtern Verständniss der Verwandtschaftserscheinungen unterschied Bergmann und seine Zeitgenossen mehrere Arten der Verwandtschaft, welche man auch gegenwärtig noch bisweilen berücksichtigt findet.

*Mischende Verwandtschaft*, Affinitas mixtionis. Es findet chemische Vereinigung ohne gleichzeitige Zersetzung statt.

*Einfache Wahlverwandtschaft*, Affinitas electiva simplex. Auf einen zusammengesetzten Körper a b wirkt ein anderer c ein, und es entsteht die Verbindung a c oder b c unter Absonderung von a oder b. Als Beispiele: Darstellung der meisten Säuren, und vieler Basen aus ihren Salzen; Gewinnung vieler Metalle aus ihren Erzen, Wasserzersetzung durch verschiedene Körper. Glühendes Eisen zersetzt das Wasser unter Entbindung von Wasserstoffgas, Chlor zersetzt das Wasser im Sonnenlicht unter Entwickelung von Sauerstoffgas.

*Doppelte Wahlverwandtschaft*, Affinitas electiva duplex. Ein Körper a b zerfällt unter dem Einfluss von c d, und es entsteht a c und b d oder a d und b c. Als Beispiele: Darstellung vieler Salze. Die sogenannten unverträglichen Salze. Wirkung des Schwefel-

wasserstoffs auf gewisse Metallverbindungen. Auflösung mancher Schwefelmetalle in Salzsäure. U. s. w.

*Prädisponirende Wahlverwandtschaft*, Affinitas producens. Ein Körper a zersetzt b c für sich nicht, aber wohl unter Einfluss des hinzukommenden d e, wegen Verwandtschaft des d e zu a b (oder a c); es entsteht a b + d e und c. Als Beispiel: Zersetzung des Wassers durch Zink und Schwefelsäure. Affinitas producta. Affinitas reciproca. Affinitas appropriata.

*Verwandtschaft in statu nascenti.* Die Vereinigung mancher Stoffe erfolgt, gewöhnlich nur dann und ohne andern Einfluss, sobald der eine der beiden Stoffe im Augenblicke mit dem andern in Berührung treten kann, wo er so eben aus einer Verbindung entsteht. So verbindet sich Wasserstoff mit mehreren Stoffen, z. B. mit Schwefel, Phosphor, Arsen u. a. in statu nascenti.

§. 59. *Contactwirkung, Katalyse.* Berzelius schreibt gewissen Körpern (Contactsubstanzen Mitscherlich's), in Folge ihrer eigenthümlichen Affinitätserregung, eine besondere Kraft, die katalytische, zu. Diese durch Katalyse wirkenden Substanzen geben durch ihre Gegenwart Veranlassung zu Vereinigungen und Zersetzungen, ohne selbst eine *chemische* Verbindung mit den Produkten oder Educten einzugehen. Ausgezeichnete Beispiele der Contactwirkung sind:

Umwandlung des Stärkemehls zuerst in Gummi, dann in Stärkezucker durch den chemischen Einfluss des Wassers unter katalytischer Wirkung der Schwefelsäure, oder der Diastase. Zersetzung des Amygdalins bei Berührung mit Wasser und Emulsin in Bittermandelöl, Blausäure, Oxalsäure, Ameisensäure. Zerlegung des Zuckers bei dem Gährungsakt in Kohlensäure und Alkohol durch die Wirkung der Fermente. Leichtes Zerfallen des Wasserstoffsuperoxyds in Wasser und

Sauerstoff, ferner die Zersetzung des Wasserstoffsupersulfids bei Berührung mit verschiedenen Substanzen. Oxydation des Kohlenoxyds zu Kohlensäure, der schwefligen Säure zu Schwefelsäure, des Weingeistdunstes zu Essigsäure, der Aetherdünste zu Aldehydsäure durch katalytische Wirkung des Platins (Osmium, Iridium, Palladium, Rhodium). Entzündung des Wasserstoffs bei unsern Platinafeuerzeugen. Faraday glaubt einige dieser Erscheinungen durch Adhäsions-Anziehung erklären zu können. Liebig, die katalytische Kraft nicht anerkennend, sucht diese Erscheinungen dadurch zu erklären, dass er ein gewisses Beharrungsvermögen bei der Bewegung chemischer Molecüle annimmt; so übertragen also die in Selbstzersetzung stehenden Fermente diese Zersetzungsneigung auf den Zucker. Schweigger nennt Platin einen collector electricus, indem er an die Stelle der katalytischen Kraft eine electrische Wirkung stellt.

## Theorien über Verwandtschafts-erscheinungen.

### Die atomistische, dynamische und electro-chemische Theorie.

§. 60. *Atomistische-, oder Corpuscular-Theorie.* Nach Boyle und Stahl bestehen alle Körper aus kleinsten Theilchen, welche bei den verschiedenen Substanzen ungleich stark in der Attraction zu einander sind. Verwandtschaftsäusserungen erfolgen durch Anziehung. Die Molecüle des Körpers a haben unter einander weniger Attraction als zu den Molecülen des Körpers b, daher vereinigen sich die Molecüle von a mit denen von b. Newton, dieser Ansicht huldigend, unterscheidet die chemische Attraction „Affinität" von der allgemeinen Anziehungskraft „Gravitation."

Nach Bergmann und Buffon haben alle Körper zu einander Attraction; sie äussert sich aber ungleich, und diese ungleich kräftige Anziehung leiten sie von der *verschiedenen Form und Stellung* der kleinsten Theilchen zweier Körper ab. Nach Bergmann ist die Attraction zwischen zwei Körpern constant, so lange nicht besonders kräftige Einflüsse z. B. hohe Temperatur die Form und Stellung der Atome und dadurch die Attraction ändern.

Ganz anderer Ansicht war Berthollet (1803), welcher die chemische Attraction identificirt mit der Gravitation. Vorzugsweise die Erscheinungen der doppelten Zersetzung der Salze beachtend, machte er die Zerlegung und Bildung neuer Körper von Zufälligkeiten abhängig. Er leitet alle Erscheinungen von der relativen Quantität der in chemischer Action stehenden Körper, sodann von den physikalischen Eigenschaften der entstehenden Verbindungen ab. Berthollet's masse chymique, chemisches Moment. — Cohäsion und Elasticität, Streben der Körper zum Festwerden, andererseits nach Gasform (Berthollet) bewirkt häufig allein Zersetzung; Scheidung im Sinne der Wahlverwandtschaft giebt es nach ihm nicht. Säuren zersetzen die kohlensauren Salze, z. B. Salpetersäure den kohlensauren Kalk wegen Elasticität der Kohlensäure, und Schwefelsäure zerlegt das Kalksalz noch leichter, wegen gleichzeitiger Cohäsion des schwefelsauren Kalks.

§. 61. *Dynamische Theorie.* Kant. Schelling. Kleinste Theilchen der Materie, daher auch Attraction unter ihnen, nicht anerkennend, suchte Kant (1786) die Verwandtschaftserscheinungen durch eine wechselseitige Durchdringung der verschiedenen Stoffe zu erklären. Aus dem Zusammenwirken der vis attractiva und vis expansiva besteht die Materie in begrenzten Räumen, und unter dem Einfluss dieser Kräfte allein

erfolgt die Stoffänderung. — Schelling (1797) definirte die chemische Action als eine qualitative Bewegung, welche den innern Beschaffenheiten der Materie gemäss sei und betrachtet die chemischen Erscheinungen als Wirkungen des Conflicts sich entgegengesetzter Kräfte.

§. 62. *Electrochemische Theorie.* Davy. Schweigger. Berzelius. Der chemische Prozess war als eine Electricitätsquelle, die Electricität andererseits als ein Agens erkannt, unter dessem Einfluss chemische Verbindungen entstehen aber auch zersetzt werden. (S. §. 5.).

Davy wurde zu Folge dieser Erfahrungen zu der Annahme geleitet, dass alle Substanzen, welche sogenannte Verwandtschaft zu einander äussern, in verschieden electrischem Zustande stehen, und dass die Affinitätsgrösse zwischen zwei Körpern proportionirt sei der Intensität der electrischen Spannung zwischen beiden. Chemische Veränderungen und electrische galten ihm als Wirkungen einer und derselben Kraft. Verwandtschaft ist Folge electrischer Spannung. Insofern Davy's Theorie sich auf die Ansicht gründete, dass in dem *Contact* heterogener Körper die erste Bedingung zur Entstehung der electrischen Spannung liege (Contacttheorie; Volta, Pfaff, Ohm, Fechner), verlor sie von ihrer allgemeinen Autorität, da von den meisten Chemikern nicht mehr der Contact, sondern der jederzeit eintretende chemische Prozess als Ursache der Electricitätsquelle, und der Contact als untergeordnet angesehen wurde (electrische Theorie; Wollaston 1821. De la Rive)

Schweigger legte seiner electrochemischen Theorie (1812) die Erscheinungen der Krystallelectricität zu Grunde, worin ihm Berzelius folgte. Schweigger's Hypothese, sowohl die Krystallisation, als die electrischen Gesetze beachtend, vereinigt Buffon's

Corpusculartheorie (S. §. 60.) und Davy's electrische Theorie. — Wenn die durch Krystallform bedingte Electricität (S. §. 4.) als ein allgemein gültiges Gesetz angenommen werden kann, so würde nach Schweigger der feste Zustand der Körper als derjenige gelten, in welchem die krystallinischen Grundformen zusammengehalten werden durch die Anziehung der aneinanderliegenden entgegengesetzt electrischen Pole; der Zustand des Liquiden entspricht dem durch einen gewissen Temperaturgrad herbeigeführten Indifferenzzustande der Electricität am Turmaline, dessen Folge leichte Verschiebbarkeit der indifferent gewordenen Grundtheilchen ist; werden aber die krystallinischen Pole auf irgend eine Art gleichnamig electrisch: so haben wir den Zustand der Repulsion des expansiv Flüssigen, und zwar den Dampfzustand, wenn diese gleichnamige Electricität der Krystalle blos vorübergehend durch Wärme herbeigeführt, dagegen aber den bleibend elastischen, wenn der eine Pol an den Krystallen geradezu vernichtet wird. —

Mit Zugrundelegung dieser Ansichten, erklärt Schweigger sehr consequent eine Menge von Erscheinungen, zu welchen folgende gehören: Abweichungen von dem bekannten Black'schen Wärmegesetz; Erstarrung des Eiweisses bei 75°, eigenthümliche Veränderungen des Schwefels durch die Wärme; Ausscheidung des Kalks aus einer Auflösung in Zuckerwasser beim Erwärmen; Verminderte Löslichkeit vieler Körper z. B. des Glaubersalzes bei Steigerung der Temperatur. Unauflöslichkeit vieler Körper in Säuren nach dem Glühen (Thonerde, Zirkonerde, Titanoxyd, antimonsaure und antimonigsaure Metallsalze u. a.), welche vor dem Glühen löslich waren. Verschiedene Auflöslichkeit der amorphen und krystallisirten arsenigen Säure in Wasser.

Nach Berzelius besteht die Affinität nur in der *Intensität* der electrischen Polarisation; das was wir

Verwandtschaft nennen, ist nichts anderes als die Wirkung der electrischen Polarität der kleinsten Körpertheilchen — Electricität ist also die erste Ursache aller chemischen Wirkungen. — Die Molecüle eines jeden Körpers besitzen electrische Polarität; die Quantität der Electricität kann in dem einen oder dem andern Pole überwiegend sein, so hat z. B. in den Molecülen des Sauerstoffs die negative Electricität, in denen des Kaliums die positive Electricität das Uebergewicht. Es ist diese Annahme gestützt auf eine zuerst von Ermann gemachte Beobachtung. Nach diesem Physiker giebt es Leiter der Electricität, welche die negative, und andere, welche die positive Electricität besser leiten — *unipolare Leiter.* (S. §. 12.) Nach Berzelius kann ferner die absolute Menge der in einem Pole vorhandenen Electricität bei verschiedenen Stoffen verschieden sein, und diese Verschiedenheit bezeichnet er als Intensität der Polarisation. Berzelius ordnete die Elemente nach ihrer electrischen Disposition. — Electrochemisches System. — Sauerstoff ist als der electronegativste Körper erkannt, alle übrigen Körper aber sind in dem Sinne veränderlich, dass ein Körper, in Beziehung auf einen andern, negativ, und in Beziehung auf einen dritten, positiv sein kann; so ist z. B. Schwefel gegen Sauerstoff electropositiv, gegen Kupfer aber electronegativ. Die electrochemische Stellung der Oxyde richtet sich nach der Unipolarität ihrer Radikale, so dass z. B. die Schwefelsäure gegen Kupferoxyd electronegativ, da Schwefel gegen Kupfer ebenfalls negativ ist; bei mehreren Oxyden ein und desselben Radikals ist es gewöhnlich der Fall, dass das höhere Oxyd sich mehr auf Seite der electronegativen Körper stellt. — Von Schwefel-, Selen-, Tellur-, Chlor-, Jod- u. a. Verbindungen gilt das so eben von den Oxyden Gesagte. Säuren sind gegen Basen stets electronegativ, und in einem Salze ist also die Basis der electropositive Bestandtheil.

# Stöchiometrie,
## Messkunst chemischer Elemente.

Gott hat Alles nach Mass, Zahl und Gewicht geordnet.

## Begründung der stöchiometrischen Gesetze.

Wenzel 1777. Richter 1796. Proust und Berthollet 1801. Dalton 1808. Gay-Lussac 1809. Berzelius 1808

§. 63. *Neutralitätsreihen.* Wenzel, Richter.

Gesetz: Findet eine Zerlegung zwischen zwei neutralen Salzen statt, so entstehen wieder zwei neutrale Salze.

218 schwefels. Kali = 100 Schwefels. 118 Kali } geben
327 salpeters. Baryt = 136 Salpeters. 191 Baryt }
291 schwefels. Baryt = 100 Schwefels. 191 Baryt
254 salpeters. Kali = 137 Salpeters. 128 Kali

Demnach neutralisiren 100 Schwefels. 118 Kali, aber auch 191 Baryt, und 136 Salpeters. verhalten sich gegen 118 Kali und 191 Baryt ebenso.

Zu Folge dieses entdeckten Neutralitätsgesetzes zeigte Richter, dass mittelst weniger Analysen die Zusammensetzung aller neutralen Salze sich berechnen lässt.

Richter's Massen —, od. Neutralitätsreihen, und dessen Gesetz über Metallfällungen.

§. 64. *Sättigungscapacität.* Berzelius.

Gesetz: Eine und dieselbe Menge einer Säure erfordert zur Sättigung von den verschiedenen Basen so viel, dass in allen die Menge des Sauerstoffs gleich gross ist. Diese Sauerstoffmenge der Basis in einem Salze steht zu der Sauerstoffmenge der Säure in einem einfachen Verhältniss.

100 Schwefelsäure = 40,15 S. + 59,85 O. neutralisiren 171,71 Kali = 97,76 K + 19,95 O; 190,93 Baryt = 170,98 Ba + 19,95 O; 51,55 Magnesia = 31,60 Mg + 19,95 O u. s. w. 19,95 : 59,85 = 1 : 3. — Mit 19,95 oder $^1/_3$ bezeichnet man die Sättigungscapac. der Schwefelsäure.

Neutrale, saure, basische Salze.

§. 65. *Aequivalent*, Proportionalzahl oder Mischungsgewicht.

Aequivalente sind die relativen Gewichtsmengen, in denen die Körper in chemischen Verbindungen einander vertreten können. Das Aequiv. eines jeden Körpers wird durch eine Zahl bezeichnet, welche also keine absolute, sondern nur eine relative Grösse ist. Gesetz: Körper verbinden sich nur nach Aequivalenten.

| | | |
|---|---|---|
| 489,9 Kalium | verbinden sich mit | 100 Sauerstoff |
| 290,9 Natrium | | 101 Schwefel |
| 856,8 Baryum | | 442 Chlor |
| u. s. w. | | u. s. w. |

Aequivalententafeln. Wollaston 1813, Berzelius 1814 und 1827. — Aequiv. einfacher und zusammengesetzter Körper.

§. 66. *Multiple Proportionen.* Berthollet und Proust. Dalton 1808.

Gesetz: Wenn zwei Körper *mehrere* Verbindungen eingehen, so steht bei unveränderter Menge des einen Bestandtheils die Menge des andern in einem *einfachen* Verhältniss.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 177 Stickstoff (N) | + 100 | Sauerstoff (O) | = | Stickstoffoxydul. |
| „ | + 200 | „ | = | Stickstoffoxyd. |
| „ | + 300 | „ | = | Salpetrige Säure. |
| „ | + 400 | „ | = | Untersalpetersäure. |
| „ | + 500 | „ | = | Salpetersäure. |

Wird 1 Aequiv. O = 100, und 1 Aequiv. N = 177 gesetzt, so kennen wir demnach Verbindungen von 1 N mit 1, 2, 3, 4, 5 O.

Gesetz: **Körper** (gleichviel einfache oder zusammengesetzte) **verbinden sich nach Aequivalenten, oder nach Multiplen derselben.**

§. 67. *Verbindungsverhältnisse der Gase.* Gay-Lussac, Humboldt.

Gesetz: **Alle gasförmigen Körper verbinden sich in höchst einfachen Raumverhältnissen mit einander, und ebenfalls nach dem Gesetz der multiplen Proportionen.** Das Volum des Produkts steht, wenn es gasförmig ist, in einem einfachen Verhältniss zu der Volumensumme der Bestandtheile.

1 Vol. Chlor + 1 Vol. Wasserstoffgas geben 2 Vol. Chlorwasserst.
1 „ Stickstoff + 3 „ Wasserstoffgas „ 2 „ Ammoniakgas.
1 „ „ + 1 „ Sauerstoffgas „ 2 „ Stickstoffoxyd.

§. 68. *Atomistische Theorie.* Dalton.

Betrachtungen über endliche oder unendliche Theilbarkeit der Materie gehören in das Gebiet der Philosophie. Dalton war der Erste, welcher die stöchiometrischen Gesetze mit Zugrundelegung von Atomen (kleinste, an sich untheilbare Theilchen der Körper) zu erklären suchte. Chemische Verbindungen entstehen nach ihm durch inniges Aneinanderlagern von Atomen. — Dalton's Theorie, und dessen Bestimmung der relativen Atomgewichte einfacher Körper. — Schweigger's chemische Differentiale. —

Ueber Gestalt, Grösse, absolutes Gewicht der Atome lässt sich allerdings nichts sagen, aber ihr relatives Gewicht ist durch die Aequivalente gegeben.

Bestehen die Körper aus Atomen, so wird ihre Vereinigung auch nur nach Atomen erfolgen, und hiernach würden wir das Aequivalent, oder Mischungsgewicht eines Körpers dessen Atomgewicht nennen können. Aus mancherlei theoretischen Gründen hat man indessen bei mehreren elementaren Körpern angenommen, dass ihre Aequiv. aus 2 Atomen bestehen, oder dass 3 Aequiv. 2 At. entsprechen. Die Volumtheorie ist es vorzüglich, welche einen bestimmten Unterschied zwischen Atom und Aequiv. hervorgerufen hat. Die Volumtheorie nimmt nämlich an, dass ein gleiches Volum verschiedener Gase eine gleich grosse Anzahl Atome enthält. Nun lehrt die Erfahrung, dass z. B. das Wasser besteht

aus 2 Vol. Wasserstoffgas } oder { 12,48 Gewthl. Wasserstoffg.
1 „ Sauerstoffgas } aus { 100,0 „ Sauerstoffg.

Ist 100 das Aequiv. für Sauerstoff, so ist 12,48 das Aequiv. für Wasserstoff, und das Wasser besteht also aus 1 Aequiv. Sauerstoff und 1 Aequiv. Wasserstoff $= O + H$. Nur die Hälfte von 12,48 also 6,24 entspricht einem Volum oder Atom Wasserstoff (nach der Volumtheorie), daher 12,48 Gewthl. Wasserstoff der Ausdruck für 2 At. Wasserstoff ist. Das Wasser besteht also aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff $= O + 2\,H$.

Die Atomgewichte sind nur durch Hypothesen modificirte Aequivalentzahlen.

---

## Fortgesetzte Erfahrungen über Aequivalente und Atome.

§. 69. *Zusammenhang zwischen Aequivalent und specifischer Wärme* (§. 46).

Dulong und Petit fanden 1819 einen höchst interessanten Zusammenhang zwischen dem Atomgewicht und der specif. Wärme der Elemente, welcher durch das Gesetz „die Atome aller einfachen Körper

besitzen genau dieselbe Wärmecapacität" bezeichnet ist. — Hiernach würde die specif. Wärme eines Körpers das Mittel zur Bestimmung, oder doch zu einer Controlle des in anderer Weise gefundenen Atomgewichts liefern. Man erhält nämlich ein ziemlich gleiches Produkt, welches im Mittel als 37,5 angesehen werden kann, wenn die specifische Wärme eines elementaren Körpers mit dessen Aequivalentzahl multiplicirt wird.

Bei vollkommener Gültigkeit dieser Erfahrung würde man das Atomgewicht eines Körpers leicht berechnen können, wenn die Zahl 37,5 durch die specif. Wärme des Körpers dividirt wird. Die specif. Wärme des Zinks = 0,0927 giebt $\frac{37,5}{0,0927} = 403$ als Atomgew. des Zinks.

Die neuesten Arbeiten von Regnault haben indessen bewiesen, dass dieses Gesetz nicht in allen Fällen unbedingt gültig ist; nach Regn. und A. ändert sich das Gesetz dahin:

> Die Atome der einfachen Stoffe besitzen nicht nothwendig eine *gleiche* Wärmecapacität, aber es scheint zwischen ihren Wärmecapacitäten stets ein einfaches Verhältniss stattzufinden.

Ein Verhältniss zwischen der specif. Wärme zusammengesetzter Körper aufzufinden, ist Gegenstand neuester Untersuchungen von Regnault, Avogadro, Schröder u. A. gewesen.

§. 70. *Das electrolytische Gesetz* (§. 6.).

Faraday entdeckte 1834 bei Zersetzung von Körpern durch den electrischen Strom, dass die Menge der an den Polen ausgeschiedenen Elemente in einem besondern Verhältniss stehe zu der Quantität des sich auflösenden Zinks, welches den galvanischen Strom vermittelt. Wenn z. B. Wasser, Chlorsilber, schwefels. Kupferoxyd u. s. w. zersetzt werden, so erhält

man an den Polen für jede 403 Theile des im galvanischen Apparat aufgelösten Zinks: 12,48 Wasserstoff, 1352 Silber, 396 Kupfer, 443 Chlor, 100 Sauerstoff. Diese Zahlen entsprechen sehr genau den Aequivalentzahlen.

Die Quantität der abgeschiedenen Stoffe ist der zur Abscheidung erforderlichen Electricität proportional.

Aus dieser Thatsache folgt, dass, wenn Stoffe in dem Gewichtsverhältniss ihrer Aequivalente vereinigt (chemische Verbindungen), gegeben sind, sich das Aequivalent der Elemente aus der zur Zersetzung erforderlichen Electricitätsmenge berechnen lässt.

§. 71. *Isomorphie. Homöomorphie.* Leblanc 1787. Vauquelin 1797. Gay-Lussac 1816. Beudant 1819. Mitscherlich 1820.

Als Resultat der Erfahrung, dass Körper von gleicher Krystallform und correspondirender Zusammensetzung in allen Verhältnissen zusammen krystallisiren können, ohne dass die Krystallform geändert wird, dass es Substanzen giebt, welche sich in Verbindungen ersetzen können mit Beibehaltung der Krystallform der ursprünglichen Verbindung — *isomorphe Körper* — stellte Mitscherlich den Satz auf:

Wenn zwei oder mehrere Körper dieselbe Anzahl auf gleiche Weise mit einander verbundener Atome enthalten, so haben sie dieselbe Krystallform, so sind sie — isomorph. — Wenn Körper dieselbe Krystallform besitzen, so enthalten sie eine gleiche Anzahl auf gleiche Weise mit einander verbundener Atome.

Die Isomorphie gehört zu einem der ausgezeichnetsten Leitpunkte in der Bestimmung der Atomgewichte.

Mit Zugrundelegung von 100 Gewichtsth. Sauerstoff = 1 At. O besteht das Eisenoxydul aus 100 Sauerstoff u. 339 Gewthl. Eisen = 1 At. Eisen (dieses ist aus der procentischen Zusammensetzung des Eisenoxyduls berechnet). — Eisenoxydul = Fe O. 100 Sauerstoff verbinden sich ferner mit 369 Kobalt, 696 Cadmium u. s. w. Das schwefelsaure Eisenoxydul mit 7 At. Wasser (Fe O, $SO_3 + 7$ aq.) krystallisirt ganz gleich dem schwefelsauren Kobaltoxydul, und beide Salze können mit einander krystallisiren, oder es kann das schwefels. Eisenoxydul vom Kobaltoxydul enthalten, und umgekehrt, ohne dass sich dieses in der Krystallisation wahrnehmen lässt. Das Kobaltoxydul ist hiernach isomorph mit dem Eisenoxydul, und ersteres besteht also ebenfalls aus 1 At. O + 1 At. Co = Co O. Nach dieser Annahme ist das Atomgewicht des Kobalts 369, denn diese Quantität ist gleichwerthig (äquivalent) mit 339 Eisen = 1 At. Fe.

Als Beispiele isomorpher Elemente führen wir an: Schwefel, Selen, Tellur. — Barium, Strontium, Blei. — Chlor, Jod, Brom, Fluor. — Magnesium, Calcium, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Cadmium u. s. w. —

Eine neue höchst interessante Bearbeitung hat die Lehre von der Isomorphie durch Arbeiten von Kopp und Schröder erhalten, nach welchen *isomorphe Körper gleiches Atomvolumen* (§. 72) *haben*, oder, was dasselbe ist, nach welchen *die spec. Gewichte isomorpher Körper sich wie ihre Atomgewichte verhalten.*

Eine absolute Isomorphie finden wir nur bei Formen des regulären (tesseralen) Systems. Isomorphe Körper anderer Systeme zeigen fast immer kleine Unterschiede in den Neigungswinkeln, daher die Bezeichnung *homöomorph* für isomorph in den meisten Fällen richtiger sein dürfte. — Mitscherlich's wichtige

Entdeckung, dass die Krystallwinkel aller Systeme, mit Ausnahme des regulären, durch die Temperatur sich in einem gewissen Sinn ändern (§. 44.).

§. 72. *Atomvolum.* a) *Atomvolum gasförmiger Elemente.* Es wird nach der Volumtheorie angenommen, dass *gleiche Volumina* aller Gase eine *gleiche Anzahl* von Atomen enthalten; hiernach folgt, dass bei allen Gasen die Volume zu der Anzahl der Atome in gleichem Verhältniss stehen, und dass das Verhältniss des spec. Gew. der Gase zugleich das Verhältniss ihrer Atomgew. sein muss.

Wasser = 2 Vol. H + 1 Vol. O = 2 At. H + 1 At. O.

| | Spec. Gew. (Sauerst. = 100.) | Atomgew. | Aequiv. |
|---|---|---|---|
| Sauerst. | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Wasserst. | 6,24 | 6,24 | 12,48 (2 At.) |
| Stickstoff | 88,53 | 88,5 | 177,0 (2 At.) u. s. w. |

In diesem Beispiele ist demnach das Gewicht eines Volums (d. spec. Gew.) zugleich das Gewicht eines Atoms; mit Ausnahme des Sauerst. ist aber d. Aequivalent = 2 At.

(Methoden zur Bestimmung des spec. Gew. des Gases solcher Körper, welche den Gaszustand erst in höherer Temperatur annehmen, z. B. Schwefel, Phosphor, Quecksilber u. a. K. — Dumas, Mitscherlich.)

Suchen wir bei einer grössern Anzahl elementarer Körper das Verhältniss zwischen dem spec. Gew. und dem Atomgewicht, so ergeben sich Resultate, welche, wollte man das Atomgewicht dem spec. Gew. gleichstellen, zu sehr unwahrscheinlichen Folgerungen führen würden. So ist z. B. das spec. Gew. des Schwefelgases = 603 (O = 100), das Atomgewicht desselben $= 201 = \frac{603}{3}$

Gesetz: Gleiche Volumina verschiedener Gase enthalten entweder eine gleiche,

oder eine ungleiche Anzahl von Atomen, im letztern Falle aber, findet ein sehr einfaches Verhältniss zwischen dem Volumgew. (spec. Gew.) und Atomgewicht statt. —

*Atomvolum nennen wir die Anzahl der Volumina oder die Bruchtheile des Volums, welche einem Atomgewicht entsprechen;* wir finden das Atomvolum, wenn das Atomgewicht durch das spec. Gew. (Volumgew.) dividirt wird.

b) *Atomvol. für feste und flüssige Elemente.*

Persoz, Kopp und Schröder haben in neuerer Zeit auch für *feste und flüssige elementare Körper* das Atomvolum zu berechnen gesucht, und das Resultat gewonnen, dass das Atomvolum mehrerer Körper gleich gross ist, oder dass sie zu einander in einem einfachen Verhältniss zu stehen scheinen.

| | Spec. Gew. (Wasser = 1) | Atomgew. | Atomvol. |
|---|---|---|---|
| Eisen | 7,84 | 339 | 44 |
| Kupfer | 8,8 | 396 | 44 |
| Mangan | 8,0 | 346 | 44 |
| Blei | 11,44 | 1294 | 114 u. s. w. |

Um das Atomvolum fester und flüssiger Körper mit dem der gasförmigen zu vergleichen, muss natürlich ihren spec. Gewichten eine *gleiche Einheit* zu Grunde liegen. Setzen wir für die spec. Gewichte das des Sauerstoffs als Einheit = 100 (wie dieses auch bei den Atomgewichten geschieht), so multipliciren wir die spec. Gewichte der obigen festen Körper mit 698, denn das Wasser ist um 698mal schwerer als Sauerstoffgas.

c) *Atomvol. für gasige Verbindungen.*

Ergiebt sich ein Unterschied zwischen dem Atom und dem Volum gasiger *elementarer* Körper, so dürfen wir auf einen solchen bei gasigen *Verbindungen* schon

aus der Erfahrung schliessen, dass in den meisten Fällen bei chemischer Vereinigung gasförmiger Elemente eine Volumveränderung erfolgt (§. 67).

d) *Atomvol. fester und flüssiger Verbindungen.*

Die Meinung, dass zwischen *dem spec. Gew. und der chemischen Zusammensetzung fester und flüssiger Verbindungen* keine Beziehung existire, ist neuerlich durch Ammermüller, Kopp und Schröder widerlegt worden; aus ihren Arbeiten geht hervor: *Wenn sich zwei Körper in mehreren multiplen Verhältnissen mit einander verbinden, so sind die Gewichtsmengen der Bestandtheile in gleichen Volumen dieser Verbindungen, d. h. ihre Dichtigkeiten proportional geradezu der Anzahl ihrer Atome, oder umgekehrt der Anzahl der einfachen Atome in den zusammengesetzten.*

(Mit *Atomzahl* bezeichnet L. Gmelin die Anzahl der Atome verschiedener Körper in einem gleichen Volumen; diese Atomzahl erhält man, wenn das spec. Gew. eines Körpers durch sein Atomgewicht dividirt wird.)

---

## Bestimmung des Aequivalents und Atomgewichts.

§. 73. Um das Aequivalent eines jeden Körpers, zuvörderst der Elemente, durch eine bestimmte Zahl bezeichnen zu können, um den blos relativen Werth solcher Zahlen für den Gebrauch in einen absoluten zu verwandeln, muss man von einem beliebig gewählten Körper ausgehen, dessen Aequiv. die Einheit für alle übrigen wird. Das Aequiv. des Sauerstoffs wird jetzt allgemein als Einheit = 1 oder 100 gesetzt. Dass 1 Aeq. nicht immer = 1 Atom des Körpers ist, wurde früher erwähnt.

eobachten wir das interessante Vermögen amorpher toffe, ohne den festen Aggregatzustand zu verlasen, unmittelbar in den krystallisirten übergehen zu önnen. Sehr bemerkenswerth ist dann die Differenz im ec. Gewicht, im Schmelzpunkt, im Auflösungsvermögen d in vielen andern Eigenschaften, welche ein und derlbe Körper in beiden Zuständen darbietet; nicht minder merkenswerth sind die Lichterscheinungen, welche cht selten diese Umwandlung begleiten. §. 18.

§. 75. *Dimorphie* und *Polymorphie.*

Früher galt es als ein Axiom, dass ein und derlbe Körper in seiner Krystallisation nur *einem* Kryllsystem angehören könne. Mitscherlich erwies dessen 1821 die Existenz *dimorpher*, also solcher örper, welche bei vollkommen gleicher chemischen Behaffenheit Krystallgestalten *zweier* Krystallsysteme sitzen. Stromeyer glaubte 1813 die abweichende rystallform des Arragonits von der des Kalkspaths, elcher wie jener kohlensaurer Kalk ist, von einem rontiangehalt des erstern ableiten zu können; Rose ellte künstlich die Form des Arrag. und die des Kalkaths dar.

Der Uebergang einer Form in die andere wird infig durch Temperaturverschiedenheit veranlasst, worch eine Veränderung in der relativen Stellung der ateriellen Atome (Molecüle) veranlasst wird.

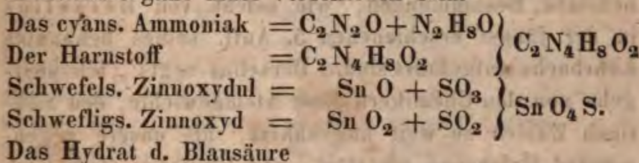
Beispiele der Dimorphie geben: Schwefel, Kohnstoff, kohlens. Kalk, Quecksilberjodid, salpeters. ali, einige Mineralien.

*Polymorphe* Körper d. s. Körper, welche in ihren rystallformen 3 (trimorph) und mehreren Krystallsysteen angehören, sind bisher selten beobachtet. Das hwefelsaure Nickeloxyd. mit 7 Atomen Krystallwasser ll ein Beispiel der Trimorphie sein.

---

Liebig's 1 basische, 2 basische, 3 basische Säuren.

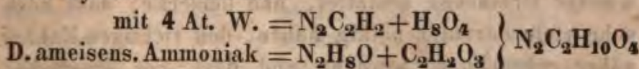
§. 78. *Metamerie.* Metamere Körper sind nicht blos von einer relativ, sondern auch absolut gleichen Anzahl von Atomen gebildet, aber die Stellung der Elementarorgane muss verschieden sein.



Das cyans. Ammoniak $= C_2 N_2 O + N_2 H_8 O$ } $C_2 N_4 H_8 O_2$
Der Harnstoff $= C_2 N_4 H_8 O_2$ }

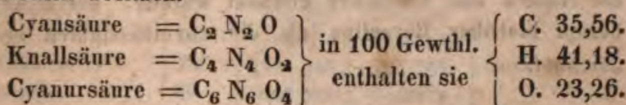
Schwefels. Zinnoxydul $= Sn\,O + SO_3$ } $Sn\,O_4\,S$.
Schwefligs. Zinnoxyd $= Sn\,O_2 + SO_2$ }

Das Hydrat d. Blausäure



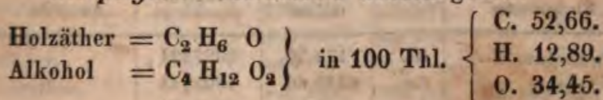
mit 4 At. W. $= N_2 C_2 H_2 + H_8 O_4$ } $N_2 C_2 H_{10} O_4$
D. ameisens. Ammoniak $= N_2 H_8 O + C_2 H_2 O_3$ }

§. 79. Die *Polymerie* umfasst Körper, welche eine relativ gleiche, absolut aber ungleiche Anzahl von Atomen besitzen.

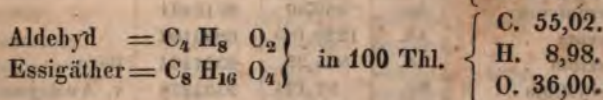


Cyansäure $= C_2 N_2 O$ } in 100 Gewthl. enthalten sie { C. 35,56. H. 41,18. O. 23,26.
Knallsäure $= C_4 N_4 O_2$ }
Cyanursäure $= C_6 N_6 O_4$ }

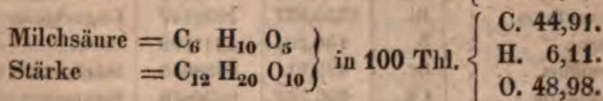
Als *polymere Metamerie* können gelten:



Holzäther $= C_2 H_6 O$ } in 100 Thl. { C. 52,66. H. 12,89. O. 34,45.
Alkohol $= C_4 H_{12} O_2$ }



Aldehyd $= C_4 H_8 O_2$ } in 100 Thl. { C. 55,02. H. 8,98. O. 36,00.
Essigäther $= C_8 H_{16} O_4$ }



Milchsäure $= C_6 H_{10} O_5$ } in 100 Thl. { C. 44,91. H. 6,11. O. 48,98.
Stärke $= C_{12} H_{20} O_{10}$ }

## Atomen-Tabelle der Elemente.

§. 80. In neuester Zeit sind durch die sorgfältigsten Arbeiten Vieler die bisher gebräuchlichen Atomgewichte controllirt, und einige derselben *nicht unwesentlich* geändert worden. Nachstehende Tabelle enthält die neuesten Bestimmungen, wie solche von Berzelius in der jüngst erschienenen 5. Aufl. seines bekannten Lehrbuchs aufgeführt sind. Berzelius sagt: „Ich übergebe nun den Chemikern diese Atomgewichte, den richtigen Zahlen so weit angenähert, als unsere gegenwärtige Erfahrung gestattet, und bemerke, dass noch sehr viele darunter nöthig haben, den richtigen Zahlen näher gebracht zu werden, und dass dies geschehen kann und muss." — Es sind ganz besonders bei den in neuerer Zeit wiederholt bestimmten Atomgewichten die Namen *der* Chemiker genannt worden, deren Arbeiten hierüber Berzelius als die zuverlässigsten bezeichnet.

| Nomina Elementarum | Symb. | Pondera atomica O = 100. | Logarithmus ponderum atomicorum. | Nomina Auctorum. |
|---|---|---|---|---|
| Aluminium . . | Al. | 170,90 | 2327421 | |
| Argentum . . | Ag. | 1349,66 | 1302244 | |
| Arsenicum . . | As. | 469,40 | 6715431 | |
| Aurum . . . | Au. | 1229,165 | 0896102 | |
| Barium . . . | Ba. | 855,29 | 9321134 | Berz. |
| Beryllium . . | Be. | 87,124 | 9401378 | v. Awdejew. |
| Bismuthum . . | Bi. | 1330,377 | 1239747 | Lagerhjelm. |
| Boron . . . | B. | 136,204 | 1341899 | Berz. |
| Bromum . . . | Br. | 499,81 | 6988049 | Marignac. |
| Cadmium . . | Cd. | 696,767 | 8430876 | Stromeyer |
| Calcium . . . | Ca. | 251,651 | 4007986 | Berz. |
| Carbonium . . | C. | 75,12 | 8757556 | Wrede. |
| Chlorum . . | Cl. | 221,64 | 3456481 | Marignac. |
| Chromium . . | Cr. | 328,87 | 5170243 | Berlin. |
| Cobaltum . . | Co. | 368,65 | 5666142 | Rothoff. |
| Cuprum . . . | Cu. | 395,60 | 5972563 | Berz. |
| Ferrum . . . | Fe. | 350,527 | 5447215 | Svanberg. |

| Nomina Elementarum | Symb. | Pondera atomica O = 100. | Logarithmus ponderum atomicorum. | Nomina Auctorum. |
|---|---|---|---|---|
| Fluor . . . . | F. | 117,717 | 0708393 | Berz. |
| Hydrargyrum . | Hg. | 1251,29 | 0973579 | |
| Hydrogenium . | H. | 6,24 | 7951846 | Dum. u. Stass. |
| Iodum . . . | I. | 792,996 | 8992709 | Marignac. |
| Iridium . . . | Ir. | 1232,08 | 0906389 | |
| Kalium . . . | K. | 488,856 | 6891809 | Marignac. |
| Lithium . . . | Li. | 81,66 | 9120094 | Berz. |
| Magnesium . . | Mg. | 158,14 | 1990417 | |
| Manganium . . | Mn. | 344,684 | 5374211 | Berz. |
| Molybdaenum . | Mo. | 596,10 | 7753191 | |
| Natrium . . . | Na. | 289,729 | 4619920 | Berz. |
| Niccolum . . | Ni. | 369,33 | 5674146 | Rothoff. |
| Nitrogenium . | N. | 87,53 | 9421569 | Marignac. |
| Osmium . . . | Os. | 1242,624 | 0943397 | |
| Oxygenium . . | O. | 100,0 | 0000000 | |
| Palladium . . | Pd. | 665,477 | 8231331 | |
| Phosphorus . . | P. | 196,020 | 2923015 | |
| Platina . . . | Pt. | 1232,08 | 0906389 | |
| Plumbum . . | Pb. | 1294,645 | 1121507 | Berz. |
| Rhodium . . . | R. | 651,962 | 8142223 | |
| Selenium . . | Se. | 495,285 | 6948554 | Berz. |
| Silicium . . . | Si. | 277,778 | 4436978 | Berz. |
| Stannum . . . | Sn. | 735,294 | 8664611 | |
| Stibium . . . | Sb. | 806,452 | 9065785 | |
| Strontium . . | Sr. | 545,929 | 7371362 | Stromeyer. |
| Sulfur . . . | S. | 200,75 | 3026556 | Berz. |
| Tantalum . . | Ta. | 1148,365 | 0600800 | |
| Tellurium . . | Te. | 801,76 | 9040444 | Berz. |
| Thorium . . . | Th. | 743,86 | 8714912 | |
| Titanium . . | Ti. | 301,55 | 4793593 | Rose. |
| Uranium . . . | U | 742,875 | 8709157 | Ebelmen. |
| Wolframium . | W. | 1188,36 | 0749483 | |
| Zincum . . . | Zn. | 406,591 | 6091578 | A. Erdmann. |
| Zirconium . . | Zr. | 419,728 | 6229680 | |

Es fehlen noch die Atomzahlen für: Cerium, Didymium, Erbium, Lanthanium, Terbium, Yttrium. Von den §. 54 genannten 60 Elementen stehen noch in Untersuchung ihrer Entdecker: Niobium, Ruthenium.

## Beispiele zu stöchiometrischen Berechnungen.

1) Was bezeichnet die Formel $H_2O$? — Einen Körper, welcher besteht aus:

2 At. Hydrogen = 2. 6,24 Gwthl. = 12,48 H.
1 - Oxygen = 1. 100,00 - = 100,00 O
dessen Mischungsgew. (Aeq.) = 112,48 = 1 At. W.

Das Wasser enthält demnach in 100 Gwthl.:
11,09 Gwthl. H und 88,91 Gwthl. O.

2) Welche Formel erhält ein Körper, der, zu Folge einer Analyse, in 100 Gwthl. ergeben hat:
11,09 Gwthl. H und 88,91 Gwthl. O?

$$\frac{11{,}09}{6{,}24\ (1\ \text{At. H.})} = 1{,}76 \quad \frac{88{,}91}{100\ (1\ \text{At. O.})} = 0{,}88.$$

1,76 : 0,88 = 1 : 0,5 oder 2 : 1; also $2H + O = H_2O$.

3) Wenn wir die in 100 Gwthl. Wassers erwiesene Quantität Sauerstoff gleich 100 stellen, und diese Grösse 1 Aequivalent O nennen, welche Zahl erhält dann Wasserstoff zum Aequivalent?

$$\text{Wasser in 100 Gwthl.} = \begin{cases} 88{,}91\ \text{O.} = 100{,}00 \\ 11{,}09\ \text{H.} = 12{,}48 \end{cases}$$

1 Aeq. H (Wasserstoff) = 12,48. Nach der Volumtheorie ist 1 Aeq. H = 2 At. H, also 1 At. H. = 6,24.

4) Was besagen die Zeichen $SO_2$ und $SO_3$?

$$SO_2 = \begin{cases} 1\ \text{At. S} = 200{,}75 \\ 2\ \text{-}\ \ O = 200{,}00 \end{cases} \text{in 100 Thl.} = \begin{cases} 50{,}09\ \text{Schwefel} \\ 49{,}90\ \text{Sauerst.} \end{cases}$$

$$SO_3 = \begin{cases} 1\ \text{At. S} = 200{,}75 \\ 3\ \text{-}\ \ O = 300{,}00 \end{cases} \text{in 100 Thl.} = \begin{cases} 40{,}09\ \text{Schwefel} \\ 59{,}91\ \text{Sauerst.} \end{cases}$$

5) Durch eine Fällung mit salpetersaurem Silberoxyd sind 25 Gran Chlorsilber gewonnen; wie viel Chlor ist in dieser Silberverbindung?

$$\text{Chlorsilber} = AgCl_2 = \begin{cases} 1\ \text{At. Ag.} = 1349{,}66 \\ 2\ \text{-}\ \ \text{Cl.} = 443{,}28 \end{cases}$$
1792,94.

1792,94 $AgCl_2$ : 443,28 Cl. = 25 : 6,19 Chlor.

6) Wie viel Salzsäure entsprechen 6,19 Chlor? Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure = $Cl_2\,H_2$ =

$$\left\{\begin{array}{l} \text{2 At. Cl.} = 443{,}28 \\ \text{2 At. H.} = \underline{\ \ 12{,}48} \end{array}\right. \quad \text{also} \quad \left\{\begin{array}{l} \text{6,19 Chlor} \\ \underline{\text{0,17 Wasserstoff}} \end{array}\right.$$
$$455{,}76 \qquad\qquad \text{6,36 Salzsäure.}$$

7) Wie viel Sauerstoff geben 60 Gran Quecksilberoxyd?

$$\text{Quecksilberoxyd} = \text{Hg O} = \left\{\begin{array}{l} \text{1 At. Hg} = 1251{,}29 \\ \text{1 „ \ O} = \underline{\ \ 100{,}00} \\ \qquad\quad 1351{,}29. \end{array}\right.$$

1351,29 : 100 = 60 : 4,44 Gran Sauerstoff, und zugleich 55,56 „ Quecksilber.

8) 1 Centr. Blei wird zu Bleioxyd (Glätte) verarbeitet; wie viel Glätte wird gewonnen?

$$\text{Bleioxyd} = \text{Pb O} = \left\{\begin{array}{l} \text{1 At. Pb} = 1294{,}64 \\ \text{1 „ \ O} = \ \ 100{,}00 \end{array}\right. \text{also} \begin{array}{r} \text{1,00 Pb} \\ \underline{\text{0,07 O}} \\ \text{1,07 Centr.} \end{array}$$

9) Wie viel Jodkalium erhält man aus 1 Unze = 8 Drachmen Jod?

$$\text{Jodkalium} = \text{K } J_2 = \left\{\begin{array}{l} \text{1 At. K.} = \ \ 488{,}85 \\ \text{2 „ \ J.} = \underline{1585{,}99} \\ \qquad\quad 2074{,}84 \end{array}\right. \quad \text{also} \begin{array}{r} \text{8,00 Dr. Jod erf.} \\ \underline{\text{2,46 „ \ Kal. u.}} \\ \text{geben 10,46 Dr. Jodkal.} \end{array}$$

10) Zur Bereitung des Jodkalium wird nicht Kalium, sondern das sogenannte Aetzkali genommen; wie viel Aetzkali sind 2,46 Kalium entsprechend?

Aetzkali = Kaliumoxydhydrat = $K\,O + H_2\,O$ =

$$\left\{\begin{array}{l} \text{1 At. K O} = \\ \text{1 „ } H_2O = \end{array}\right. \left\{\begin{array}{l} \text{1 At. K} = 488{,}85 \\ \text{1 „ \ O} = 100{,}00 \\ \text{2 „ \ H} = \ \ 12{,}48 \\ \text{1 „ \ O} = \underline{100{,}00} \\ \qquad\quad 701{,}33 \end{array}\right.$$

488,85 Kalium : 701,33 Aetzkali = 2,46 : 3,55 Aetzkali.

---

In demselben Verlage sind erschienen:

## Grundriß der Chemie

von

**F. Wöhler.**

1r Theil: Unorganische Chemie. 8e umg. Aufl. gr. 8. 2/3 Thlr.
2r Theil: Organische Chemie. 3e verb. Aufl. gr. 8. 2/3 Thlr.

---

**Heussi, Jac.,** die Experimental-Physik, methodisch dargestellt.
1r Cursus. Kenntniß der Phänomene. Mit 108 in den Text eingedruckten Holzschnitten. 3e verb. Aufl. gr. 8. 1/2 Thlr.
2r Cursus: Von den physikalischen Gesetzen. 2e verbesserte Aufl. Mit 6 Kupfertafeln. gr. 8. 1 Thlr.
3r Cursus: Von den physischen Kräften. Mit 6 Kupfertafeln. gr. 8. 1 1/3 Thlr.

**Krüger, M. S.,** die Botanik in drei Lehrstufen methodisch bearbeitet. Zum Gebrauch für Realschulen und Gymnasien.
1r Cursus. Pflanzenbeschreibungen (Phytographien) nebst einer Erläuterung und bildlichen Darstellung des Linné-schen Systems und einem Wörterbuch der botanischen Terminologie. gr. 8. 1/2 Thlr.
2r Cursus: Die natürlichen Pflanzenfamilien der phanerogamischen Flora Deutschlands. gr. 8. 1 Thlr.

——— Naturhistorische Darstellungen aus den vorzüglichsten naturhistorischen Schriften von Agardh, Arago, v. Buch, Burdach, Carus, Choulant, Cuvier, Ehrenberg, v. Goethe, v. Herder, Alex. v. Humboldt, Klöden, v. Leonhardt, Link, v. Martius, Meyen, Meyer, Minding, Nees v. Esenbeck, Rudolphi, Schouw, v. Schubert, Steffens, Treviranus, Valentin, Werner, v. Zimmermann. Ein Lesebuch zur Belebung des Sinnes für Natur und deren Studium. Mit Titelkupfer und einer Tafel Pflanzenabbildungen. 12. cart. 1 1/2 Thlr.

**Kunth, K. Sgm.,** Handbuch der Botanik. 4.
Druckpap. 3 1/2 Thlr. Velinp. 4 1/2 Thlr.

——— **Anleitung zur Kenntniss der in der** Pharmacopoea borussica aufgeführten officinellen Gewächse nach natürlichen Familien. gr. 8. 2 2/3 Thlr.

——— **Flora Berolinensis, sive enumeratio** plantarum circa Berolinum sponte crescentium secundum familias naturales disposita. 2 Vol. 12 maj. cart. 3 3/4 Thlr.

**Stein, Fr.,** Grundriß der organischen Naturgeschichte. Zum Gebrauch für höhere Schulen entworfen. Erste Abtheilung: Organographie der Pflanzen. gr. 8. 1/2 Thlr.

---

**Boltze, H. L.**, Lehrbuch der Statik und Mechanik fester Körper für Realgymnasien und höhere Bürgerschulen. Mit 4 Figurentafeln. gr. 8. 7/8 Thlr.

**Grüson, J. Ph.**, die Kegelschnitte; elementarisch, geometrisch, algebraisch, zum Behuf der Vorlesungen abgehandelt. 8. Mit 4 Kupfern. 1 1/3 Thlr.

**Huberdt, A.**, Elemente der ebenen Trigonometrie nebst praktischen Aufgaben für Gymnasien und höhere Bürgerschulen. Mit 1 Fig. gr. 8. 1/4 Thlr.

——— Lehrbuch der Stereometrie für Schulen. Mit 1 Fig. gr. 8. 1/3 Thlr.

**Hirsch, Meier**, Sammlung von Beispielen, Formeln und Aufgaben aus der Buchstabenrechnung und Algebra. 6te durchgesehene Ausgabe. gr. 8. 1 1/3 Thlr.

**Hirsch, Meier**, Exemples, Formules et Problèmes du Calcul littéral et de l'Algèbre. Traduits de l'allemand sur la quatrième édition. In 8. 1 2/3 Thlr.

——— Fortsetzung der vorstehenden Sammlung, oder Sammlung von Aufgaben aus der Theorie der algebraischen Gleichungen. 1ster Theil. 8. 1 2/3 Thlr.

——— Sammlung geometrischer Aufgaben.
- Erster Theil (Planimetrie und Trigonometrie). Mit 10 Kupfertafeln. 8. 1 2/3 Thlr.
- Zweiter Theil (Polygonometrie, Stereometrie, sphärische Trigonometrie). Mit 10 Kupfertafeln. 8. 1 2/3 Thlr.
- Dritter Theil (Analytische Geometrie der Ebene), von L. Imm. Magnus. Mit 4 Kupfertafeln. Lex. 8. 2 5/6 Thlr.
- Vierter Theil (Analytische Geometrie des Raumes), von L. Imm. Magnus. Lex. 8. 2 5/6 Thlr.

Commentare zu Meier Hirsch, Sammlung rc. aus der Buchstabenrechnung und Algebra:

**Egen, P. N. C.**, Handbuch der allgemeinen Arithmetik. Besonders in Beziehung auf die „Sammlung von Beispielen, Formeln und Aufgaben aus der Buchstabenrechnung und Algebra von Meier Hirsch."

Theil I. Die Buchstabenrechnung. Dritte verbesserte Auflage. Mit Königl. Würtemb. Privil. gegen den Nachdruck. Mit einem Kupfer. gr. 8. 2 Thlr.
Theil II. Die Algebra. Zweite verbesserte Aufl. Mit 4 Kupfern. gr. 8. 2 1/3 Thlr.

**Sachs, Sal.**, Auflösungen der in Meier Hirsch's Sammlung aus der Buchstabenrechnung und Algebra enthaltenen Gleichungen und Aufgaben. 5te verbesserte Aufl. 1 2/3 Thlr.

**Huberdt, A.**, Elemente der ebenen Trigonometrie nebst praktischen Aufgaben für Gymnasien und höhere Bürger- und Militär-Schulen. Mit 1 Figurentafel. gr. 8. 1/4 Thlr.

---

Halle,
Gebauer-Schwetschkesche Buchdruckerei.

